陈总编爱车热线书系

2010年度中国书刊发行协会全行业优秀畅销书
2011年全国十大科普图书

汽车为什么会“跑”

图解汽车构造与原理

陈新亚 编著

第2版

长期占据畅销榜首
陈总编
爱车热线书系
车友经典必备

机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

集30年专业知识和实践经验

《汽车知识》杂志总编精心编著

多次重印长期占据畅销榜首

“陈总编爱车热线书系”

五大特点与众不同

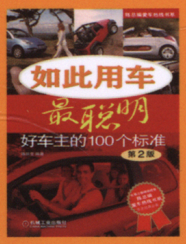
特点1：专业知识指导实际应用

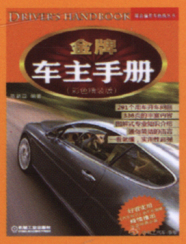
特点2：互动形式答复车友疑问

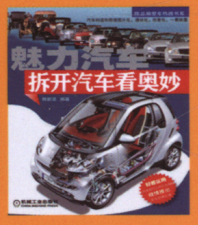
特点3：精美图片画解具体细节

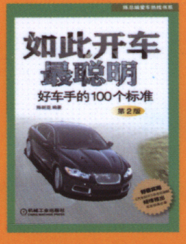
特点4：新颖内容适合车友口味

特点5：通俗语言让您轻松阅读









陈总编爱车热线书系

汽车为什么会“跑”

图解汽车构造与原理

第 2 版

陈新亚 编著

机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

本书是“陈总编爱车热线书系”之一。作者根据多年来为车友咨询服务的经验，精选了 130 个与汽车有关的问题，采用一问一答的形式，结合大量精美的汽车图片及简单文字说明，精准地介绍了汽车各个总成部件的构造、原理及最新汽车技术与配置等。

本书全彩印刷，所选图片以透视图、剖视图及原理示意图等为主，可以让读者清晰地看到汽车内部的具体构造，了解汽车各个部件运作的原理，从而为车友选车购车、用车开车提供基础知识支持。

本书非常适合汽车爱好者、车主及相关汽车从业人员阅读使用。

图书在版编目（CIP）数据

汽车为什么会“跑”：图解汽车构造与原理/ 陈新亚
编著. — 2版. — 北京：机械工业出版社，2011.11(2016.10重印)
（陈总编爱车热线书系）
ISBN 978-7-111-36208-1

Ⅰ. ①汽… Ⅱ. ①陈… Ⅲ. ①汽车—构造—图解 Ⅳ. ①U463-64

中国版本图书馆CIP数据核字（2011）第215619号

机械工业出版社（北京市百万庄大街22号 邮政编码100037）
责任编辑：李 军 责任印制：李 洋
北京铭成印刷有限公司印刷
2016年10月第2版第15次印刷
184mm×260mm · 10印张 · 250千字
68001-73000册
标准书号：ISBN 978-7-111-36208-1
定价：49.80元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务
社服务中心：（010）88361066
销售一部：（010）68326294
销售二部：（010）88379649
读者购书热线：（010）88379203

网络服务
门户网：http://www.cmpbook.com
教材网：http://www.cmpedu.com

封面无防伪标均为盗版

FOREWORD

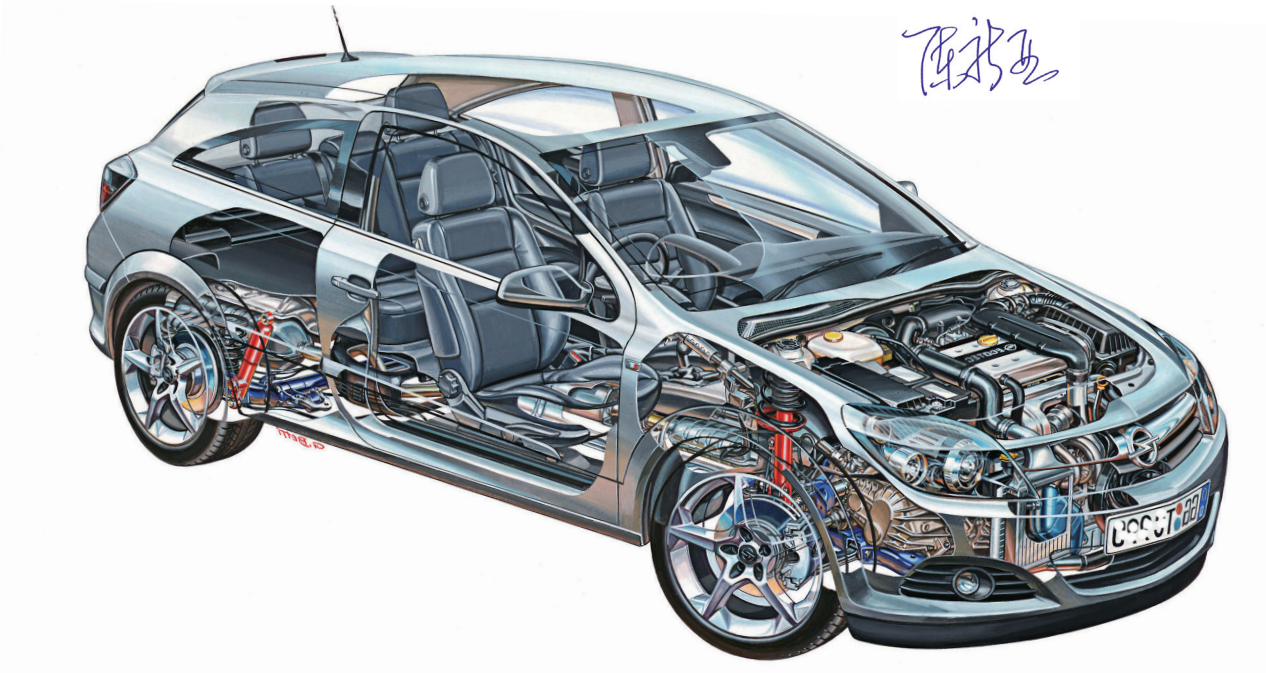
前言

回答您一个问题

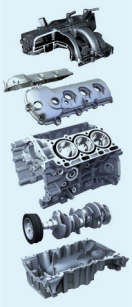
汽车为什么会“跑”？这可能是我们小时候都曾存在的疑问，甚至一直存在到今天。编写本书，就是想用图画的方式解答您心中存在已久的这个问题。

汽车是速度的象征，汽车是男人的最爱，男孩从小最喜欢的玩具就是汽车。当然，您也有其他玩具，如枪支、飞机、坦克等，但随着年龄增长，男人会对那些看得见摸不着的武器类玩具逐渐失去兴趣，顶多是偶尔谈起。然而，对于汽车却截然不同，可以说，从男孩到男人，我们对汽车的热爱之情与日俱增，对汽车知识探索的脚步一直未停。

然而，随着对汽车知识的了解，我们会发现对现在的汽车反而是越来越看不懂了，新技术、新配置、新名词、新设计让人眼花缭乱。如果只认识些车标和车名，知道些汽车故事，早已不能称之为汽车爱好者了。随着汽车技术的进步，汽车爱好者们也需要不断学习和更新知识，对汽车应有更深层次的认识和了解。对于购车者、车主和驾车人来说，也必须掌握一定的汽车知识，了解汽车的基本机械构造，了解汽车是如何行驶、转向和制动的，了解汽车行驶时所受的各种力，了解这些构造及力与驾驶和使用的关系。只有这样，您才能轻松应对每天行车中遇到的各种问题，并不断提高自己的驾驶技巧，让爱车延年益寿。



CONTENT 目 录



前言 回答您一个问题

再版序言

第一章 整车 /2

1 汽车有多少个零部件？ /3

2 汽车有哪些主要部件？ /4

第二章 发动机 /6

3 汽车动力从哪里来？ /6

4 气缸数为何不能太多？ /7

5 发动机的气缸有多少排列形式？ /8

6 V 型发动机更先进？ /9

7 W 型发动机为何应用少？ /10

8 水平对置发动机更有个性？ /12

9 发动机动力为何源源不断？ /13

10 发动机动力源于爆炸？ /14

11 火花塞放电原理像是雷电？ /15

12 进气门为何比排气门大？ /16

13 气门数为何不能太多？ /17

14 凸轮轴起什么作用？ /18

15 为什么发动机需要正时？ /19

16 什么是 OHV 发动机？ /20

17 什么是 OHC、SOHC、DOHC 发动机？ /21

18 可变气门有什么好处？ /22

19 节气门起什么作用？ /25

20 进气歧管长度也可变？ /26

21 排气歧管为何奇形怪状？ /27

22 直线运动怎样变成旋转运动？ /29

23 活塞最辛苦？ /29

24 为何说曲轴是中心轴？ /30

25 飞轮为何能储存动能？ /31

26 发动机如何冷却？ /32

27 机油是怎样润滑的？ /33

28 发动机共有多少个部件？ /35

29 为何大排量发动机动力更强？ /36

30 柴油机为何不用火花塞？ /37

31 燃油缸内直喷优势何在？ /38

32 涡轮增压如何增压？ /40

33 机械增压是什么原理？ /42

34 双增压器是什么？ /44

35 转子发动机是什么原理？ /45

36 混合动力是怎么回事？ /46

37 氢动力汽车如何工作？ /48

38 插电式混合动力是什么？ /48

39 排量可变是怎么回事？ /49

40 什么是增程式电动汽车？ /50

41 燃料电池汽车的工作原理是什么？ /51

第三章 变速器 /52

42 汽车没有变速器会怎样？ /52

43 变速器为何能变速？ /53

44 变速器有哪些种类？ /53

45 手动变速器如何变速？ /54

46 自动变速器中有两台电风扇？ /56

47 自动变速器构造有哪些？ /57

48 自动变速器怎样自动变速？ /59

49 无级变速器如何实现无级变速？ /60

50 双离合变速器是如何动作的？ /62

第四章 传动系统 /64

51 动力如何传递？ /64

52 离合器有什么作用？ /66

53 万向节起什么作用？ /67

54 前置前驱的特点是什么？ /68

55 前置后驱的特点是什么？ /69

56 后置后驱的特点是什么？ /70

57 中置后驱的特点是什么？ /71

58 四轮驱动有什么优势？ /72

59 什么是分时四驱？ /73

60 全时四驱有什么优势？ /74

61 分动器起什么作用？ /76

62 什么是适时四驱？ /77

63 差速器因何而生？ /78

64 差速器如何差速？ /79

65 限滑差速器如何限滑？ /81

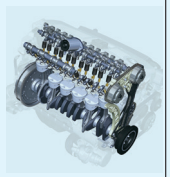
66 为何要将差速器锁死？ /82

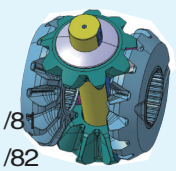
67 什么是冠齿中央差速器？ /83

68 托森 C 型中央差速器是怎样动作的？ /84

第五章 悬架系统 /86

69 悬架起什么作用？ /86





70 悬架都由什么部件组成？ /87
71 怎样区分独立悬架和非独立悬架？ /88
72 什么是麦弗逊式悬架？ /90
73 双叉臂式悬架什么样？ /91
74 纵臂扭转梁是什么形式？ /92
75 稳定杆有什么作用？ /93
76 多连杆式悬架最先进？ /94
77 空气悬架的好处是什么？ /96
78 有了弹簧为何还要减振器？ /98
79 电磁减振器有什么优势？ /99

第六章 转向系统 /100

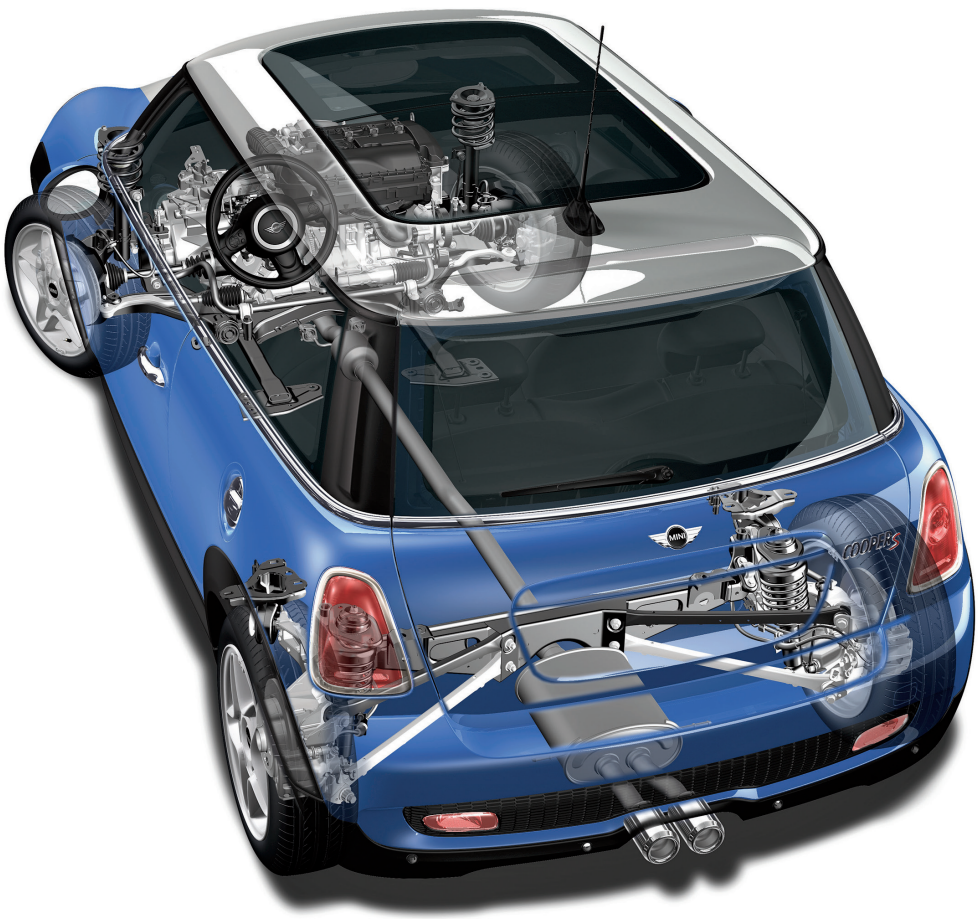
80 随速助力转向有什么好处？ /100
81 转向为何需要助力？ /100
82 什么是齿轮齿条式转向？ /101
83 什么是循环球式转向？ /101
84 主动转向系统有什么优势？ /102
85 可变齿比转向有什么优势？ /103
86 四轮转向如何动作？ /105

第七章 制动系统 /106

87 为什么称鼓式制动？ /106
88 鼓式制动是怎样工作的？ /107
89 盘式制动性能更好？ /108
90 制动盘为何要通风？ /109
91 真空制动助力器有什么用？ /110
92 紧急制动辅助系统有什么作用？ /111
93 陶瓷制动盘有什么优势？ /113

第八章 电气系统 /114

94 CAN–BUS 总线是什么？ /114
95 电子稳定程序如何介入？ /116
96 随动转向前照灯有什么好处？ /118
97 LED 车灯为何寿命长？ /119
98 空调为何能制冷？ /120
99 主动头枕如何动作？ /121



100 电动座椅如何调整和加热？ /121
101 安全气囊什么时候才会启爆？ /122
102 折叠顶篷如何开关？ /123
103 驾驶模式选项有什么用处？ /124
104 什么是预警安全系统？ /125
105 自动跟车自适应巡航系统有什么优 势？ /126
106 什么是车道保持系统？ /127

第九章 车身构造 /128

107 汽车如何分“厢”？ /128
108 车身规格如何标注？ /129
109 什么是非承载式车身？ /130
110 什么是承载式车身？ /131
111 车身为何要采用不同的材料？ /132
112 车门防撞钢梁起什么作用？ /133
113 什么是溃缩吸能车身？ /134
114 什么是冲力转移设计？ /135
115 自动防滚杆如何动作？ /136
116 防爆轮胎怎样防爆？ /137
117 汽车行驶时为何会产生升力？ /138
118 扰流板起什么作用？ /139
119 两厢车为何都要装后刮水器？ /140
120 空气对汽车必不可少？ /140

第十章 设计与制造 /142

121 为何先从草图开始？ /142
122 效果图是什么样？ /143
123 胶带效果图有什么用？ /143
124 为什么要采用计算机辅助造型（CAS）？ /143
125 为什么要做 1:5 油泥模型？ /144
126 1:1 油泥模型怎样做？ /144
127 怎样进行风洞测试？ /146
128 怎样计算风阻系数？ /147
129 样车都做哪些试验？ /148
130 汽车制造流程是怎样的？ /150

后记 /154

再版序言

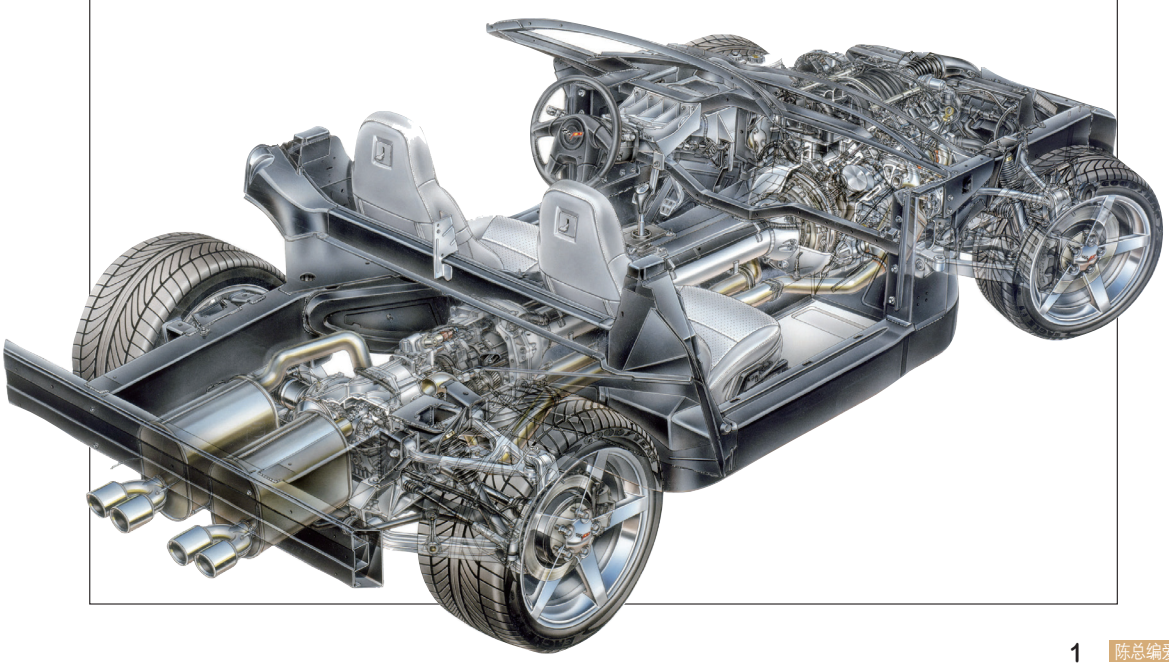
根本没预料到《汽车为什么会“跑”：图解汽车构造与原理》出版后会受到车友们的热捧，在第1版出版后的两年内，共重印了7次之多。作为本书作者，我真的有点受宠若惊。更重要的是，受本书第1版畅销的鼓舞，我又连续编写了十多本有关汽车欣赏、购买和使用的读本，绝大多数都受到车友们的欢迎。“陈总编爱车热线书系”的阵容仍在不断扩大之中。虽然在这个过程中付出了很多的辛苦，但看到有那么多车友捧场，我也因此而倍感欣慰，并振奋精神继续编写更多针对车友口味的通俗汽车读本。

本书是专为那些想真正了解汽车的人特别编写的，以大量精美图片为主，简单文字介绍为辅，并在每张图片上都尽可能多地附加图注，可以让您对汽车上的主要零部件有个基本认识。再版中又在文中加了一些“你知道吗？”小知识，力求让读者能更全面地了解相关汽车知识。

在本书再版的编写中，在原来114个问题及解答的基础上，又增加了一些新的知识内容，并加大开本，页码也增加了32页，使本书内容更加丰富全面。

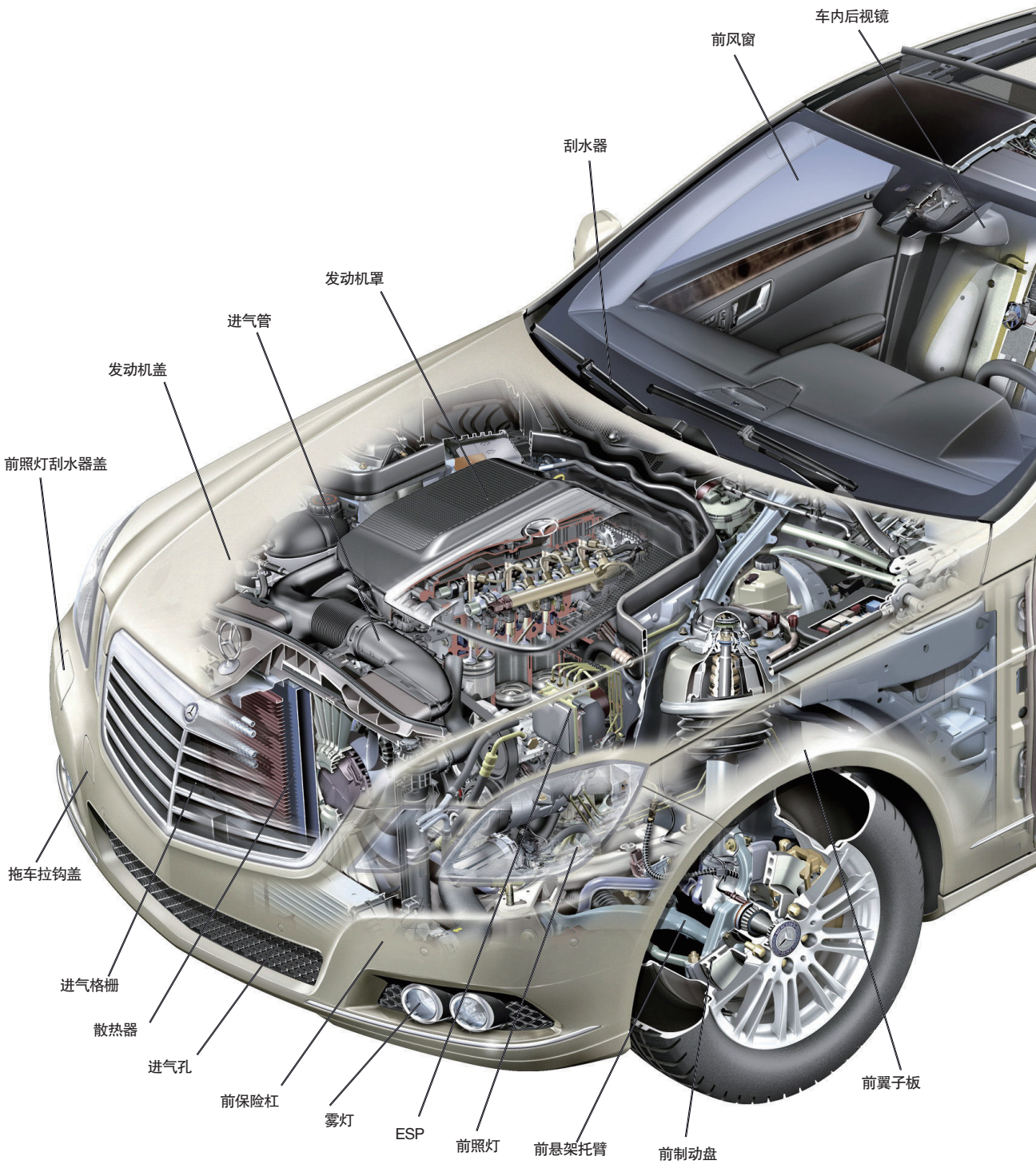
本书仍保持文字通俗、图片精美、版式新颖的特点，希望您看完此书后能对汽车构造与原理有个基本概念和认识。如还有什么关于汽车的问题，欢迎通过chenxinya@vip.sohu.com进行沟通。

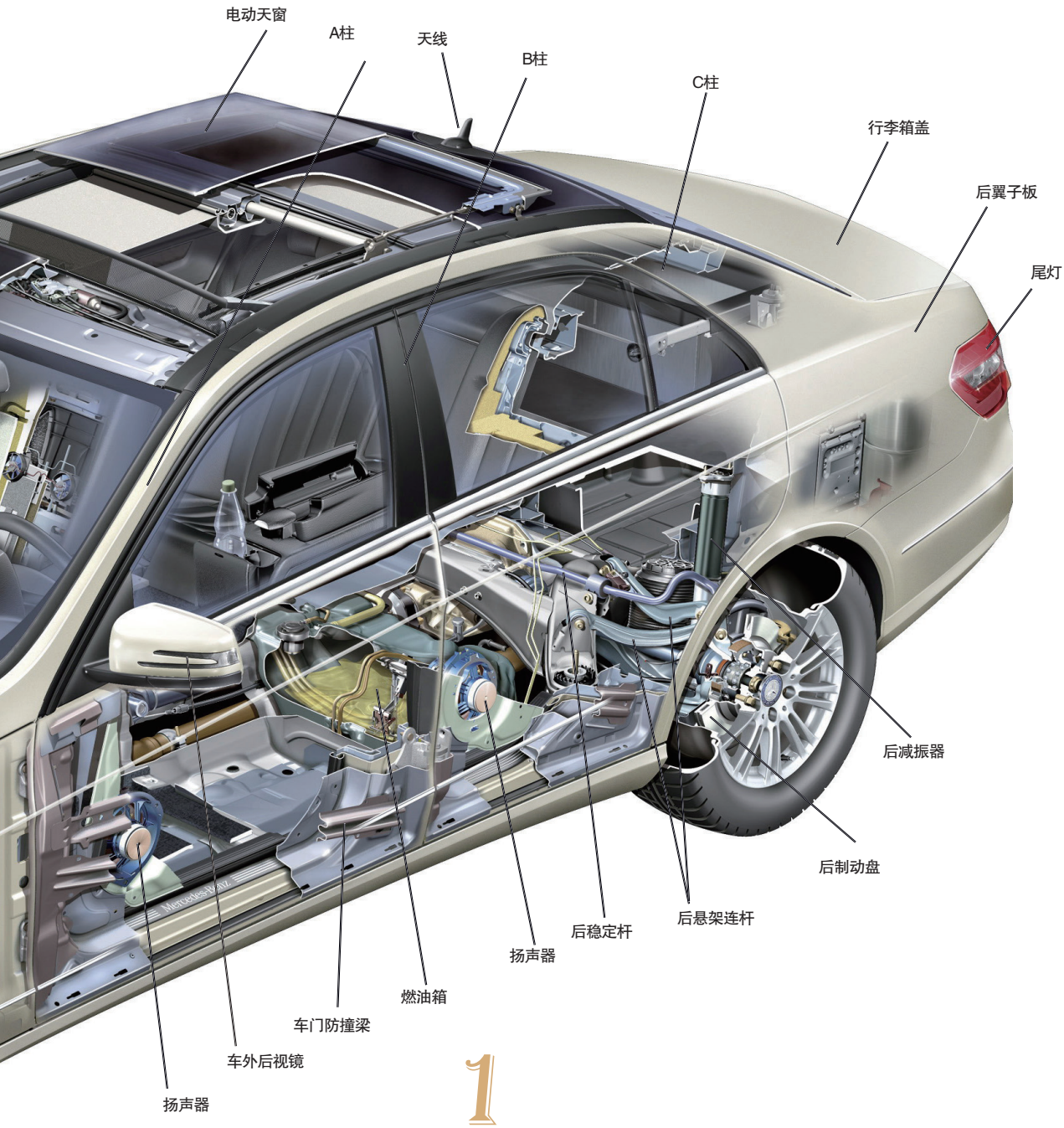
2011年10月于北京



第一章 Automobile
整　　车

汽车像人一样，也是“生命”之物，
有脸、有眼、有鼻、有声音，
更有头、有身、有尾、有腿脚。
汽车像人一样，也有性格，而且千差万别，
尊贵、气派、勇猛、秀气、漂亮、青春、稳重，
只有让她打开心扉，才会对她真正了解。

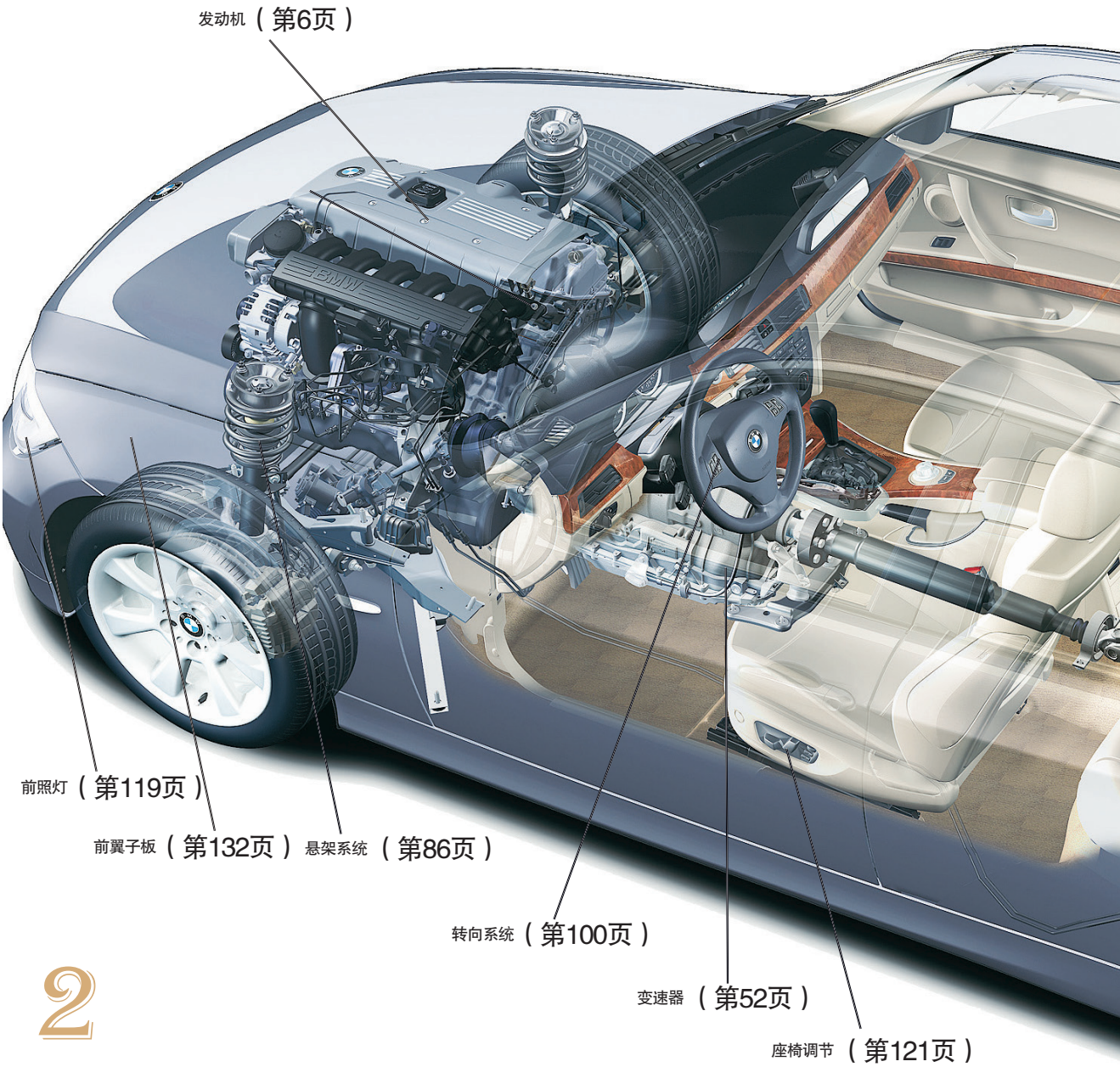




整车主要部件构造图

1 汽车有多少个零部件?

这个问题没有标准答案。据估计，一般轿车约由 1 万个不可拆解的独立零部件组装而成。结构极其复杂的特制汽车，如 F1 赛车等，其独立零部件的数量可达到 2 万个之多。当然，估计还没有人能将一辆车的零部件数量准确地计算出来。汽车的零部件数量越多，并不说明汽车的性能越好，反而意味着它的可靠性会更加难以保证。



整车主要部件构造详解指引图

2 汽车有哪些主要部件?

汽车主要由动力、底盘、车身、内饰四大部分组成。

动力部分由发动机和变速器组成。

底盘部分则由传动系统、转向系统、悬架系统、制动系统、车轮等组成。

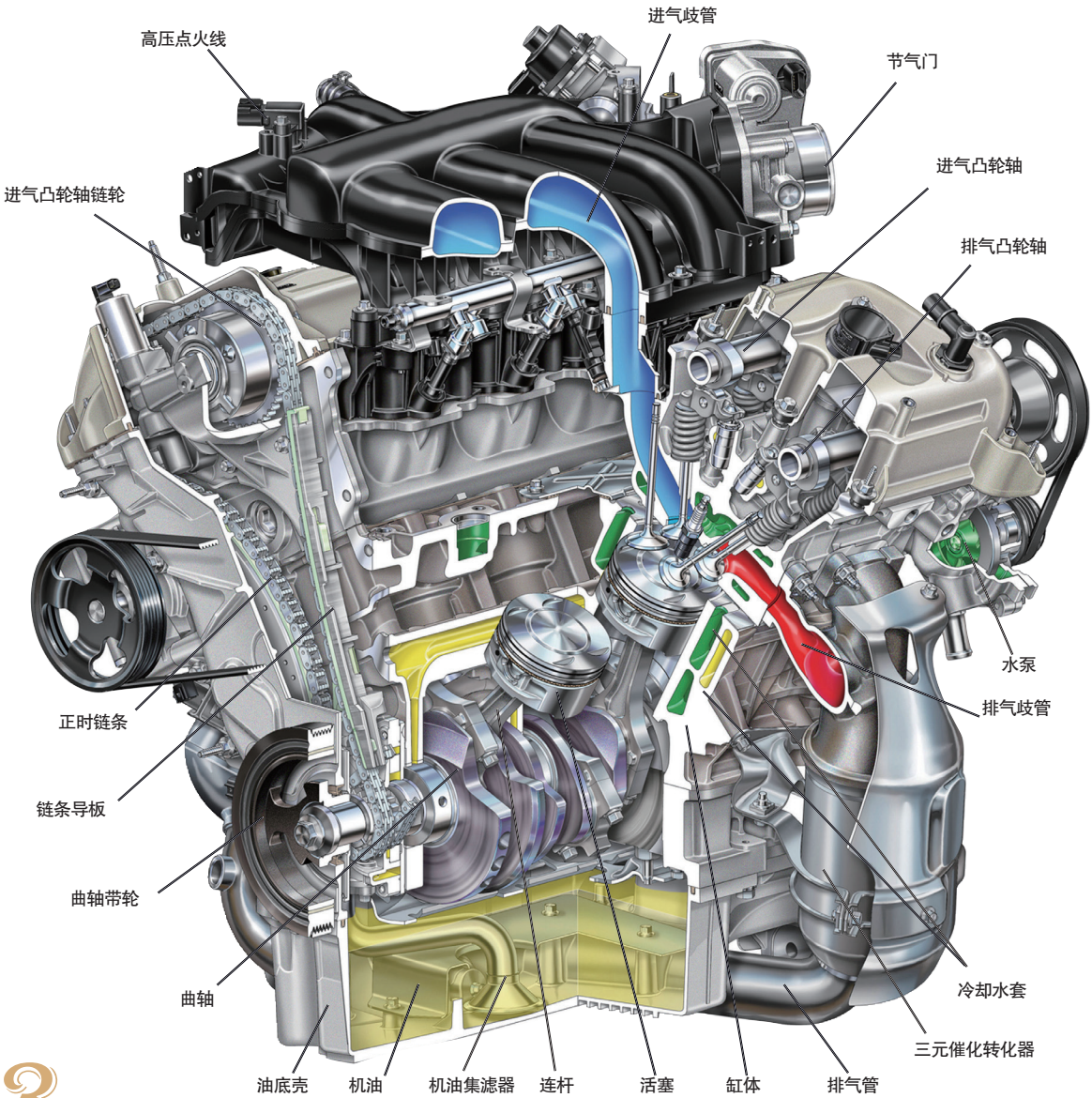
车身部分则包括车身骨架、车身钣金件，以及天窗、保险杠等车外附件。

内饰部分则包括车内座椅、仪表总成、操作系统等部件。

传动轴（第67页）
制动系统（第106页）
减振器（第87页）
差速器（第78页）
尾灯（第119页）

第二章 Engine
发动机

如果汽车有生命，
发动机就是它的“心脏”，是它的动力之源。
人的心脏差别较小，但汽车则不同，
汽车心脏不仅大小不一，而且构造也有差别，
导致力量和性格千差万别，
甚至排出的废气都不是一个味儿。



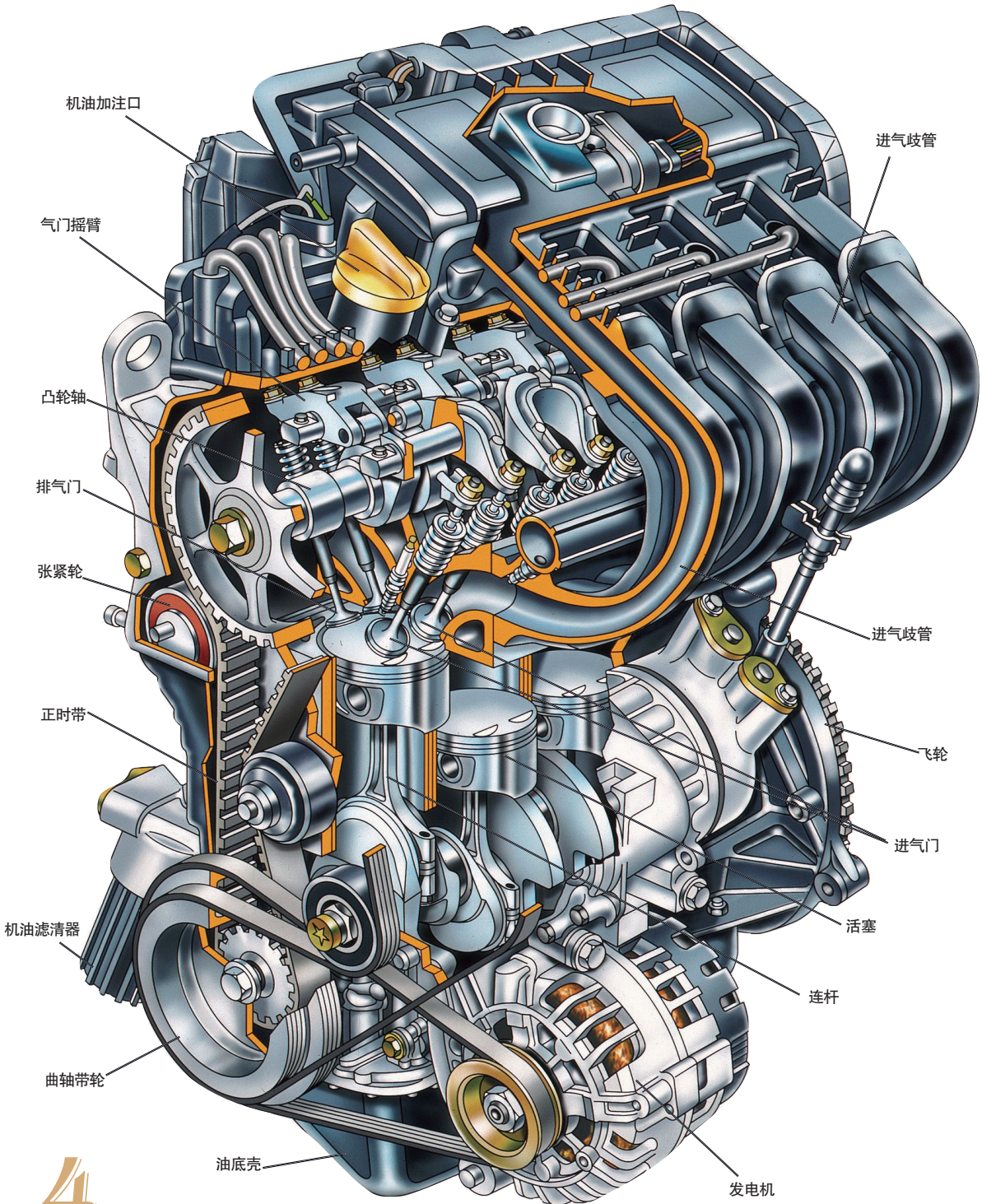
汽油发动机构造剖视图

3 汽车动力从哪里来?

汽车的动力来源于它的“心脏”，也就是发动机，那么发动机的“心脏”是什么？气缸！

气缸是产生汽车驱动力的源头，不论汽车能达到多高的速度，能爬多大的坡度，能拉多重的货物，一切动力都来自气缸内部，都是由燃料在气缸内部燃烧后推动活塞运动，然后再通过连杆、曲轴、变速器、传动轴，最后将动力传递到车轮上，从而推动汽车前进。

在气缸中，最“受罪”的就是其中的活塞，它“头顶上”不断有燃料燃烧爆炸，而“脚底下”又必须不停地“蹬动”曲轴。活塞，是汽车中最先产生动力的部件。



4 汽油发动机构造剖视图

气缸数为何不能太多?

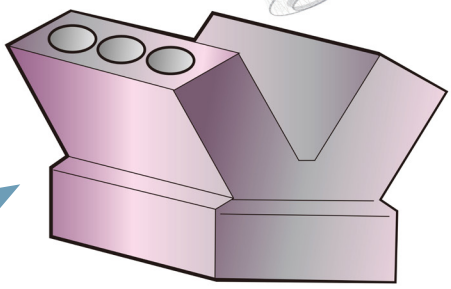
在同样功率要求下，缸数越多，缸径就可缩小，转速就可提高，这时发动机紧凑轻巧，运转平衡性好。但是，气缸数的增加不能无限制，因为随着气缸数的增加，发动机的零部件数也成比例增加，从而使发动机结构复杂、降低发动机的可靠性、增加发动机重量、提高制造成本和使用费用、增加燃料消耗等。因此，汽车发动机的气缸数都是根据发动机的用途和性能要求，在权衡各种利弊之后做出的合适选择。

5

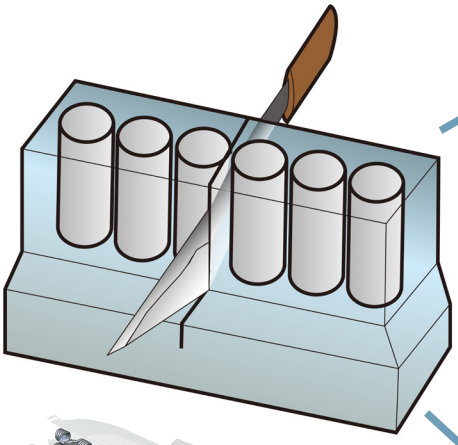
发动机的气缸有多少排列形式？

在往复式发动机中，汽车发动机一般都由多个圆筒状的气缸组成，每个气缸可以独立工作，并将它们的合力组合在一起，共同驱动汽车前进。这些多个气缸可以以不同形式组合，从而产生出不同形式的发动机。目前最常见的有 3 种气缸排列形式，它们分别是直列、V 型和水平对置。

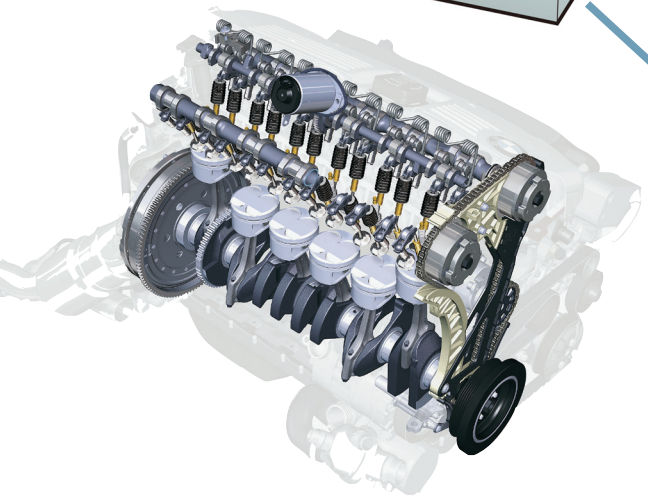
虽然还有 W 型发动机气缸排列形式，但由于这种形式极为少见，而且它与 V 型发动机极为近似，因此，可以说发动机气缸排列形式只有以上 3 种。



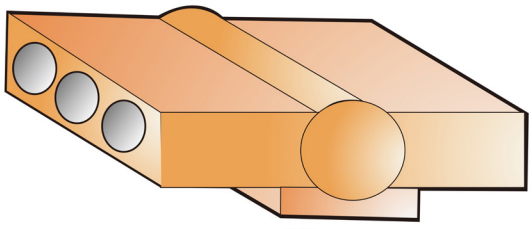
V型发动机气缸布局示意图

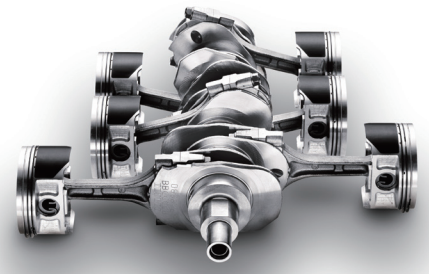


V型发动机和水平对置发动机，都可看成是由直列发动机演变而来的。把原来的直列发动机的气缸分成两个组别，如果让它们以一定夹角的形式重新组合，那么就是V型发动机；如果让它们以头对头的形式，或者说让它们之间的夹角成180°，那么就是水平对置发动机。



直列发动机气缸布局示意图





水平对置发动机气缸布局示意图

6

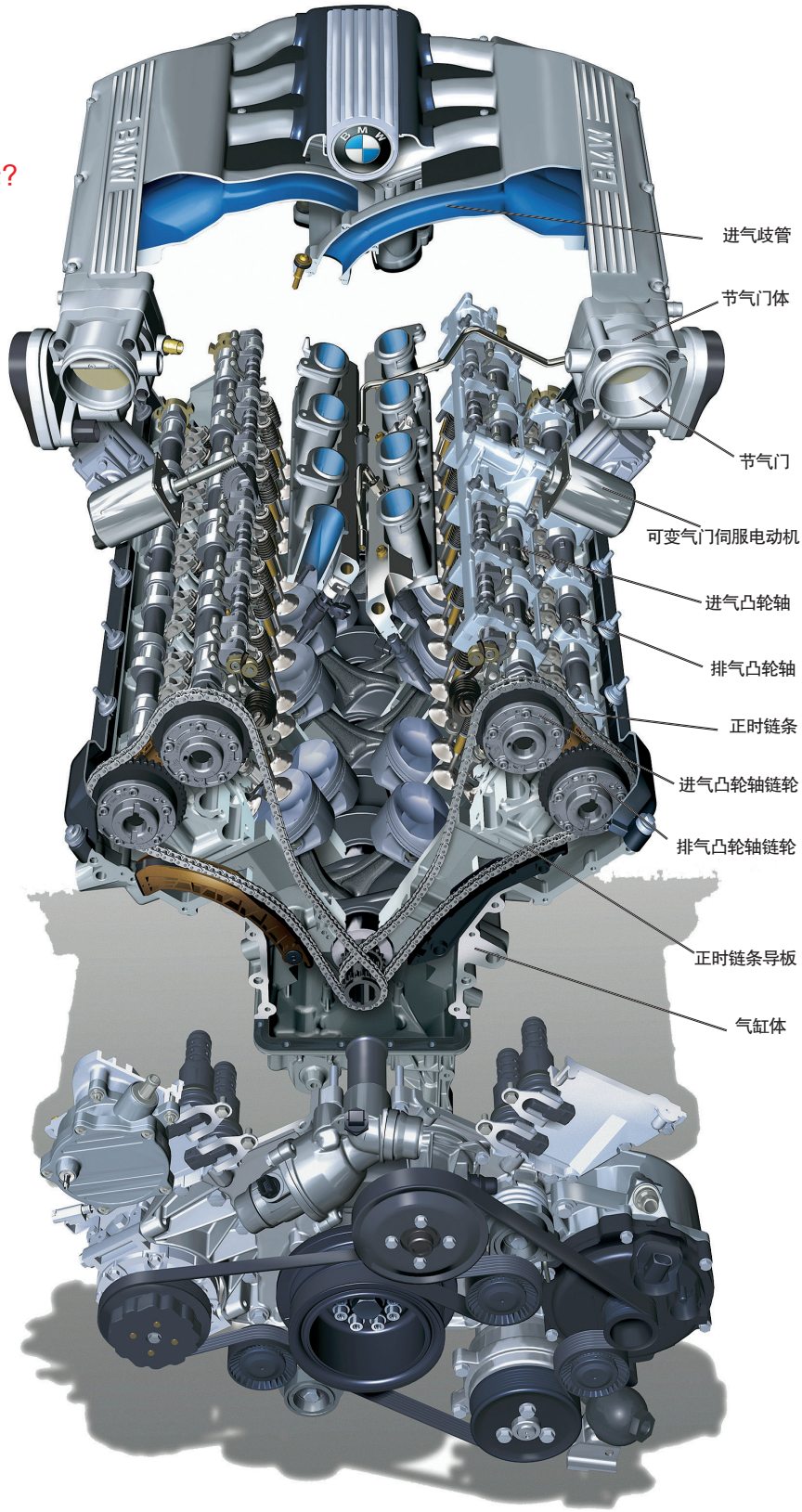
V 型发动机更先进?

将所有气缸排成一排，称为直列发动机。

将所有气缸分成两组，把相邻气缸以一定的夹角布置在一起（一般为 90° ），从侧面看气缸呈 V 字形，就是 V 型发动机。

将 V 型发动机的夹角继续扩大到 180° ，让相邻气缸相互对立设置，即为水平对置发动机。

V 型发动机的高度和长度相对直列发动机尺寸较小，在汽车上布置起来较为方便。尤其是现代汽车比较重视空气动力学，要求汽车的迎风面越小越好，也就是要求发动机盖越低越好。另外，如果将发动机的长度缩短，便能为驾乘室留出更大的空间，从而提高舒适性。将气缸分成两排并斜放后，便能缩小发动机的高度和长度，从而迎合车身设计的要求。V 型发动机的气缸成一角度对向布置，还可以抵消一部分振动。V 型发动机的缺点是必须使用两个气缸盖，结构较为复杂。另外其宽度加大后，发动机两侧空间较小，不易再安排其他装置。



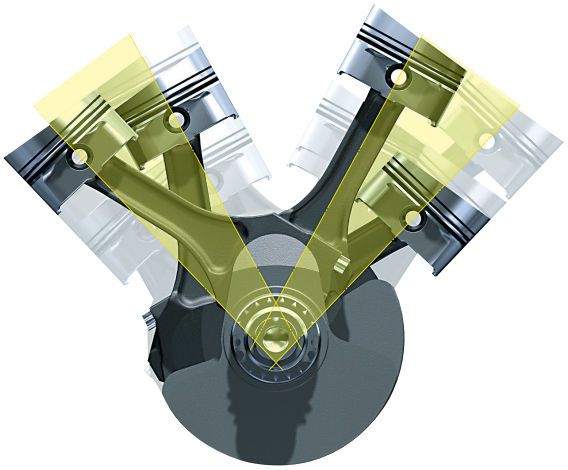
宝马V8发动机构造示意图

7

W 型发动机为何应用少？

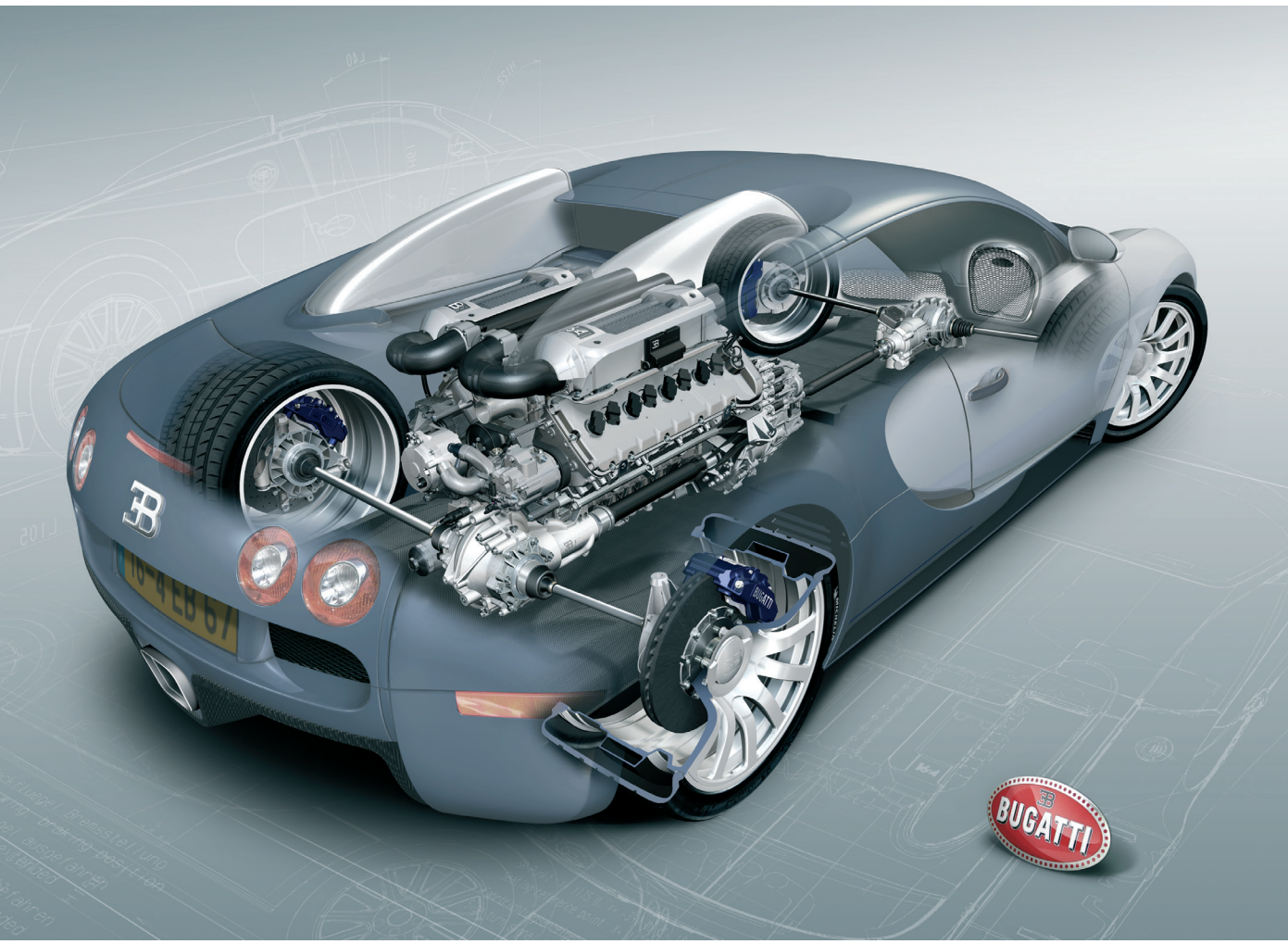
将 V 型发动机的每侧气缸再进行小角度的错开（如大众汽车 W8 发动机为 15° ），就成了 W 型发动机。W 型与 V 型发动机相比，可以将发动机做得更短一些，曲轴也可短些，这样就能节省发动机所占的空间，同时重量也可轻些，但它的宽度更大，使得发动机室更满。

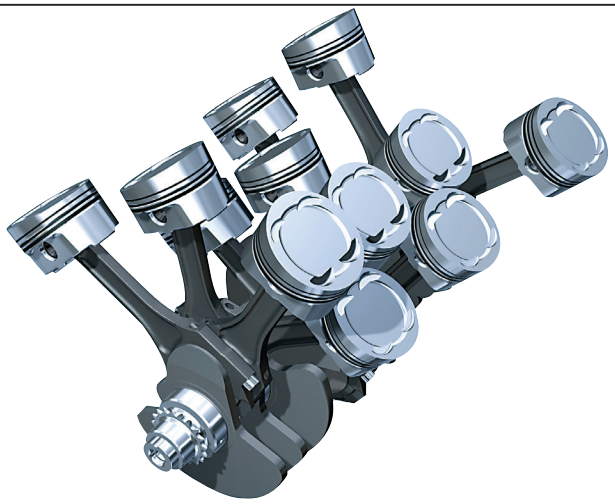
W 型发动机相对 V 型发动机最大的问题是发动机由一个整体被分割为两个部分，在运作时必然会引起很大的振动，因此现在应用极少。针对这一问题，大众汽车在 W 型发动机上设计了两个反向转动的平衡轴，让两个部分的振动在内部相互抵消。现在只有大众汽车有 W 型发动机，一般有 W8、W12 及 W16 发动机。



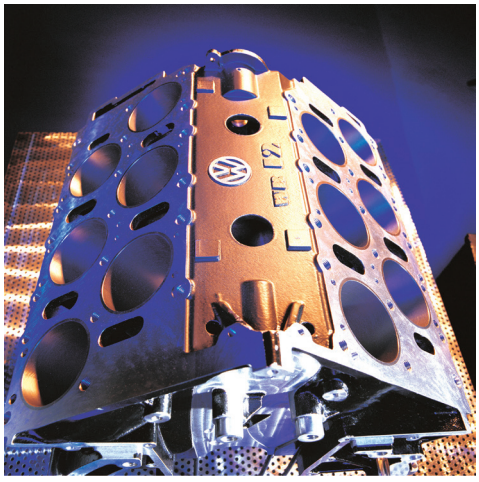
W型发动机气缸夹角示意图

配用W16发动机的布嘉迪威航超级跑车构造图

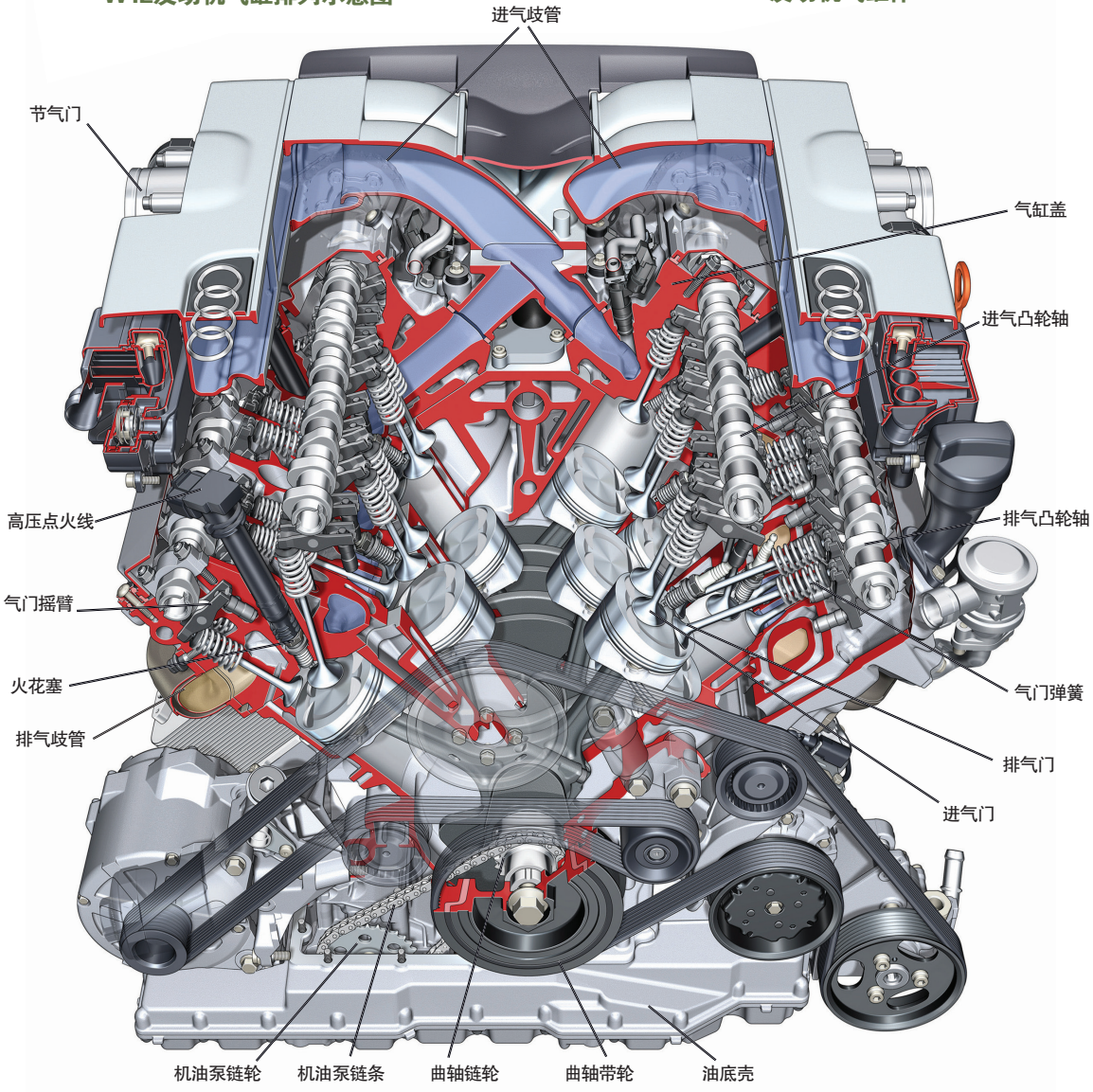




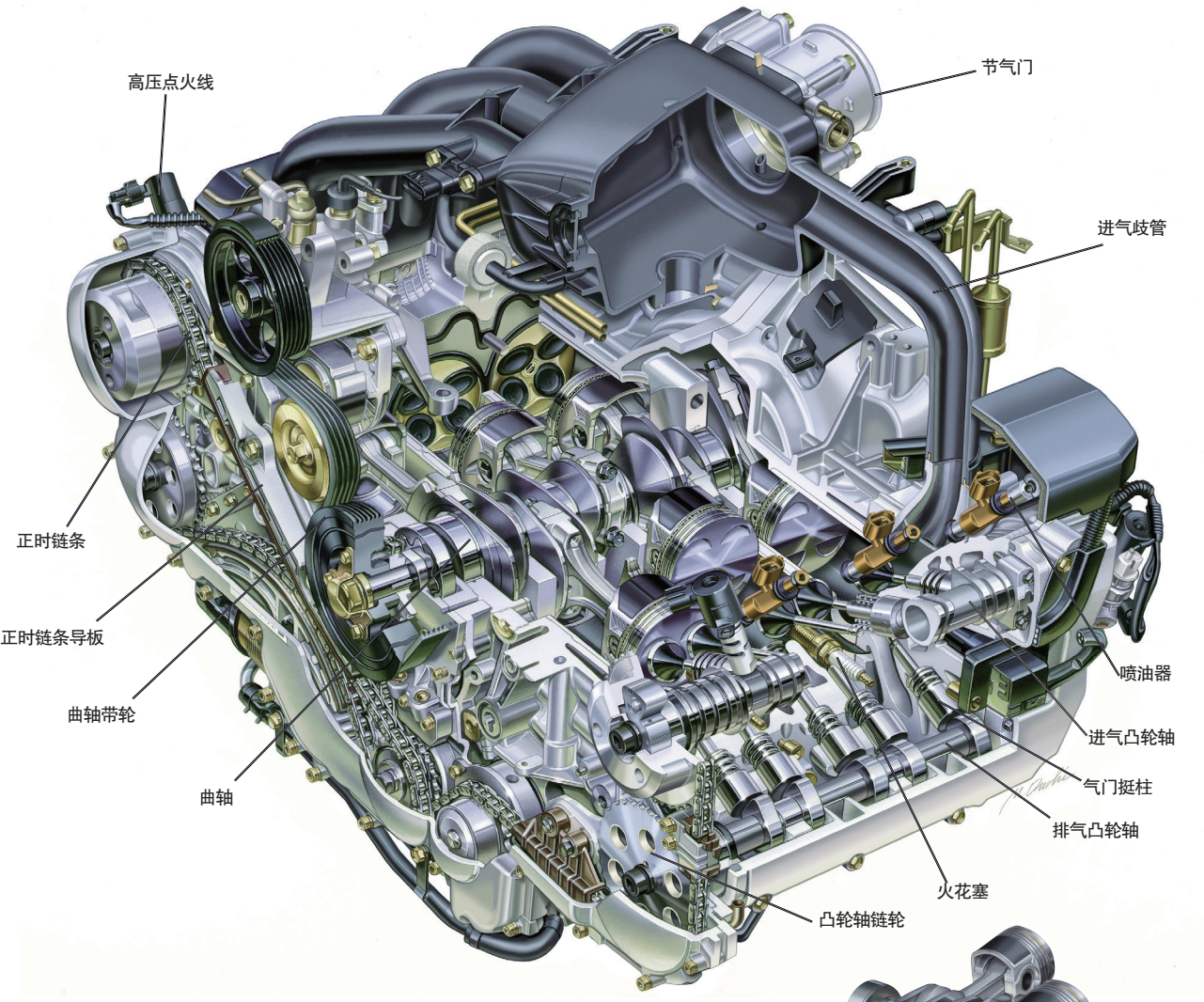
W12发动机气缸排列示意图



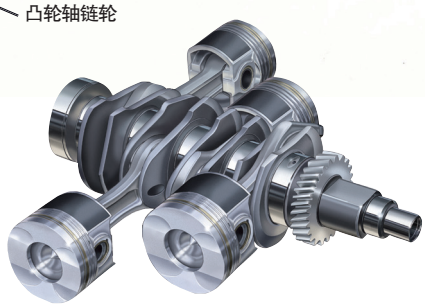
W12发动机气缸体



奥迪W12发动机构造图



水平对置6缸发动机构造图



水平对置发动机更有个性?

水平对置发动机的所有气缸呈水平对置排列，就像是拳击手在搏斗，活塞就是拳击手的拳头（当然拳头可以不止两个），你来我往，毫不示弱。水平对置发动机的英文名（Boxer Engine）含义就是“拳击手发动机”，可简称为 B 型发动机，如 B6、B4，分别代表水平对置 6 缸和 4 缸发动机。

由于相邻两个气缸水平对置，水平对置发动机可以很简单地相互抵消振动，使发动机运转更平稳。水平对置发动机的重心低，能让车头设计得又扁又低。这两点因素都能增强汽车的行驶稳定性。

由于水平对置发动机本身就左右对称，因此它可使变速器等放置在车身正中，让汽车左右重量对称，而不会像大多数汽车那样重心偏向一侧。

水平对置发动机的动力输出轴方向与传动轴方向一致，因此不需要改变动力传递方向，而是可以直接与离合器、变速器对接，动力传递效率较高，使汽车的起动和加速更迅猛。

水平对置发动机的缺点是维修不方便，而且各缸点火间隔独特，使其排气声响比较怪异，普通汽车极少装配水平对置发动机。现在只有德国保时捷和日本斯巴鲁两家汽车厂家仍在生产和使用这种发动机。

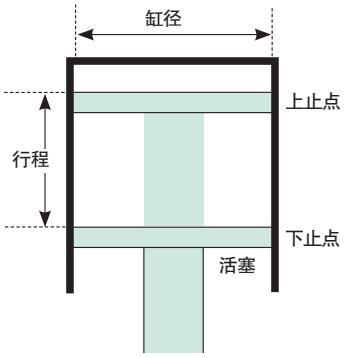
9

发动机动力为何源源不断？

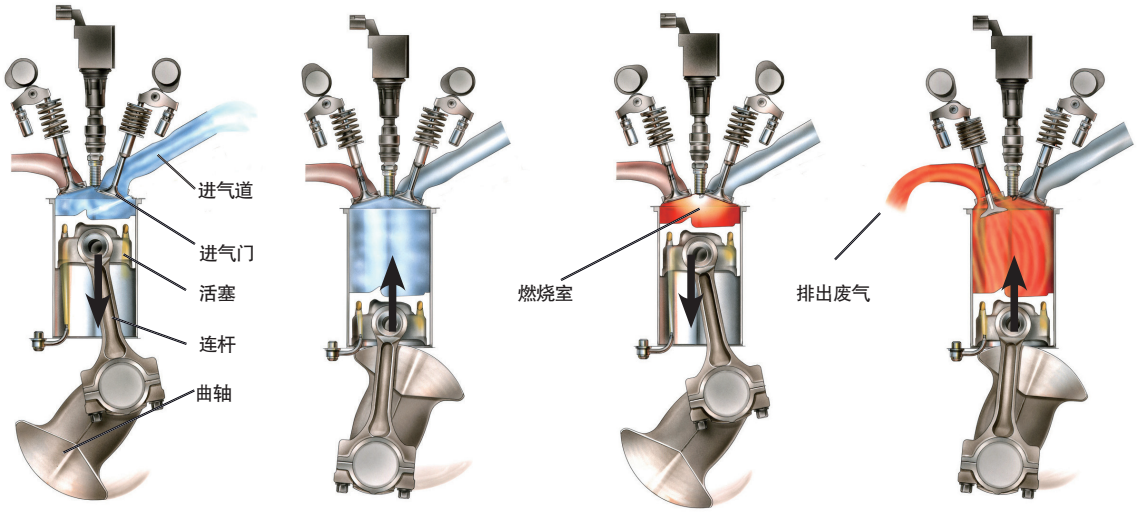
发动机是汽车的心脏，气缸则是发动机的心脏，汽车的动力就起源于气缸内部。

活塞沿气缸做上下移动，移动到最低点的位置称为下止点，移动到最高点的位置称为上止点。从上止点到下止点所移动的距离称为行程。当活塞在上止点时，活塞顶上面的空间称为燃烧室。

活塞在气缸中移动四个行程，两上两下，也就是曲轴转 720°（两周）时才完成一次动力的发动机，称为四行程发动机。如果活塞一上一下即可完成这四个动作，即为二行程发动机。



气缸结构示意图



发动机工作原理示意图

1. 进气行程

活塞在气缸内自上止点向下行移动至下止点时，此时进气门打开，排气门关闭，气缸内可以产生部分的真空，将新鲜的空气和汽油的混合气吸进气缸内。

2. 压缩行程

进气门和排气门都关闭，活塞由下止点上行移动至上止点，将气缸中的混合气压缩，进入气缸中的混合气量越多及活塞越接近上止点位置，压缩压力越大。将混合气压缩主要是为了提高混合气温度（气体在压缩后有温度上升的特性），从而利于混合气燃烧；混合气压缩也可使它混合得更均匀，燃烧更完全。

3. 做功行程

此时进气门和排气门都关闭，火花塞适时发出高压电火花，将温度很高的混合气点燃，使其燃烧爆发巨大压力，将活塞从上止点推至下止点，从而推动曲轴做功产生动力。

4. 排气行程

活塞自下止点上行移动至上止点，此时进气门关闭，排气门开放，气缸中已经燃烧过的废气由活塞向上移动时经排气门排至大气之中。因为燃烧过的废气通过消声器的消声作用，才不至于产生太大的响声和噪声。

这四个行程连续不断，重复不停，周而复始，一直循环下去，发动机产生的动力便源源不绝，最终传递到车轮上。

汽油在气缸内燃烧爆炸示意图

10 发动机动力源于爆炸?

汽车的动力就是来自于汽油或柴油燃烧时产生的爆炸力。可是，如果把汽油放在一个盆中并把它点燃，为什么只燃烧而不爆炸？因为盆子不是密封的，它是敞口的。如果在一个密封容器中装入汽油和空气然后点燃它们，便会产生爆炸现象。汽车发动机就是根据这个原理设计的。

如果将汽油和空气按照最适合燃烧的比例 (1:14.7) 进行混合，并对它们进行大力压缩使之温度上升，此时点燃它们就会产生更大的爆炸力。将这种力量通过一系列的机构“引导”到车轮上，它便会推动汽车前进。

你知道吗? Do You Know

什么是内燃机和外燃机?

现在把汽车的发动机也称为内燃机，难道还有外燃机不成？是的，真有外燃机，比如原来火车上用的蒸汽机，发电厂和轮船上使用的汽轮机等，都是外燃机。它们都是利用燃料在发动机气缸的外部燃烧来产生动力的发动机。如早期的蒸汽机，它利用燃料（木材、煤、煤气、柴油等）烧开锅炉中的水，使之产生高压蒸汽并进入气缸内，利用蒸汽压力推动活塞做功，从而产生动力。由于燃料在气缸外燃烧，因此称为外燃机。

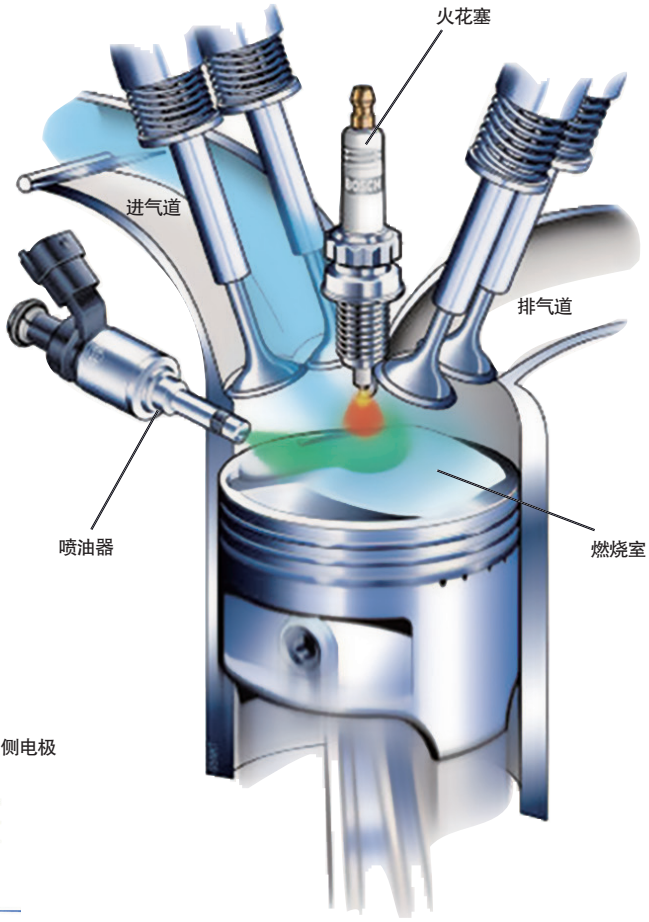
内燃机则是相对早期的外燃机而言，它的燃料是在气缸内燃烧，如现在的汽油发动机和柴油发动机，都是内燃机。

气缸原理来自于大炮?

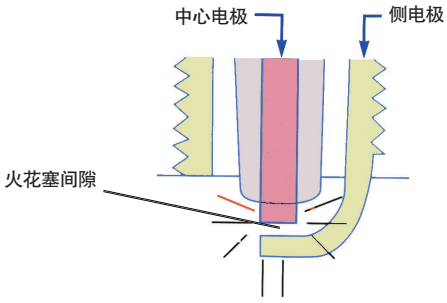
1680 年，荷兰科学家霍因斯受到大炮原理的启发，心想如将炮弹的强大力量用来推动其他机械不是挺好吗？他一开始仍用火药作燃烧爆炸物，将炮弹改成“活塞”，把炮筒作“气缸”，并开一个单向阀。他在气缸内注入火药，当点燃火药后，火药猛烈地爆炸燃烧，推动活塞向上运动，并产生动力。

当然，由于行程过长，效率太低，他最终没有取得成功。但正是霍因斯首先提出了“内燃机”的设想，后人在此基础上才发明了汽车使用的发动机。

火花塞



火花塞在发动机的位置



火花塞电极构造图

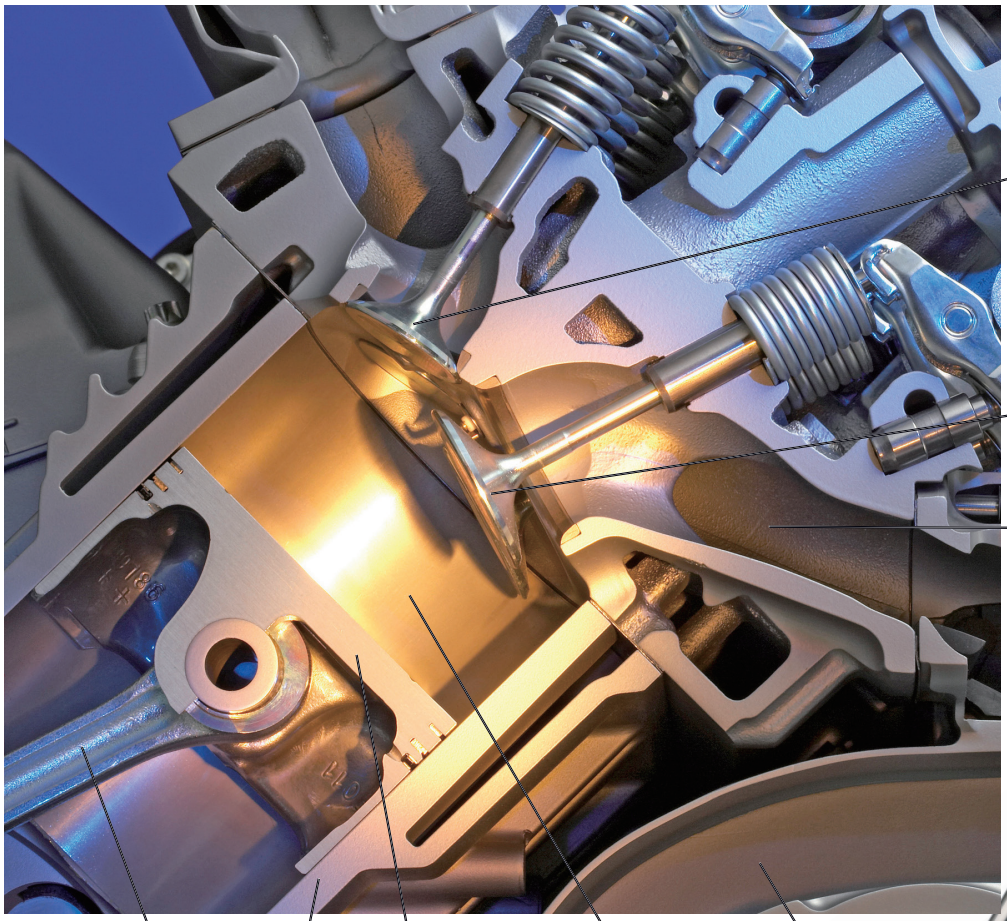
11 火花塞放电原理像是雷电?

火花塞是用来点燃气缸内混合可燃气体的部件，它有相邻很近的两个电极，分别称为中心电极与侧电极（或接地电极），它们之间的间隙，称为火花塞间隙，一般不到1毫米。

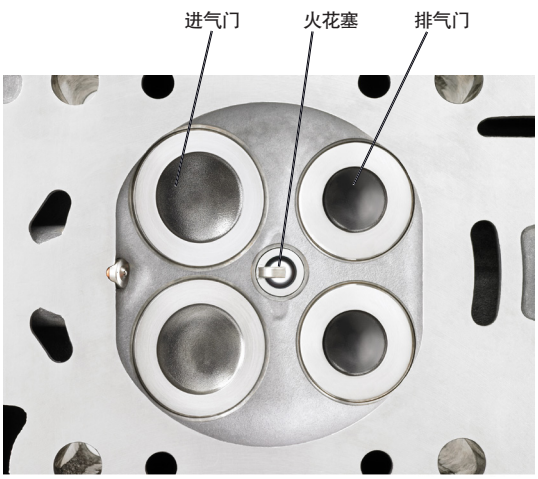
火花塞产生高压电火花的原理与雷电相似，中心电极通电时，它与接地电极间就像两朵带正负电的云一样，在相互接近时就会放出电火花，电压甚至高达1万伏。这个电火花可在瞬间点燃气缸中被压缩后温度非常高的混合气。

火花塞虽小，但对它的技术要求非常高。不仅要产生高达1万伏的电压，而且还要承受5兆帕的压力，关键是它的绝缘体下端的温度还应保持在一定温度，约在500~750℃之间。如果低于此温度，则容易造成燃烧不完全，火花塞容易积炭，甚至导致断火；如果高于此温度，则可能提前点燃混合气，造成所谓的“早燃”现象。

全世界的火花塞尺寸都是统一的，虽然螺纹部分的长度稍有区别，但基本都可通用。



气缸内部构造图



进气门和排气门

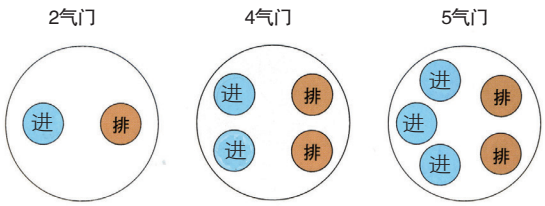
12

进气门为何比排气门大?

气门由凸轮负责压开，气门弹簧负责关闭。当需要吸混合气进入气缸时，进气门便会打开；当需要排出燃烧后的废气时，排气门便会打开。

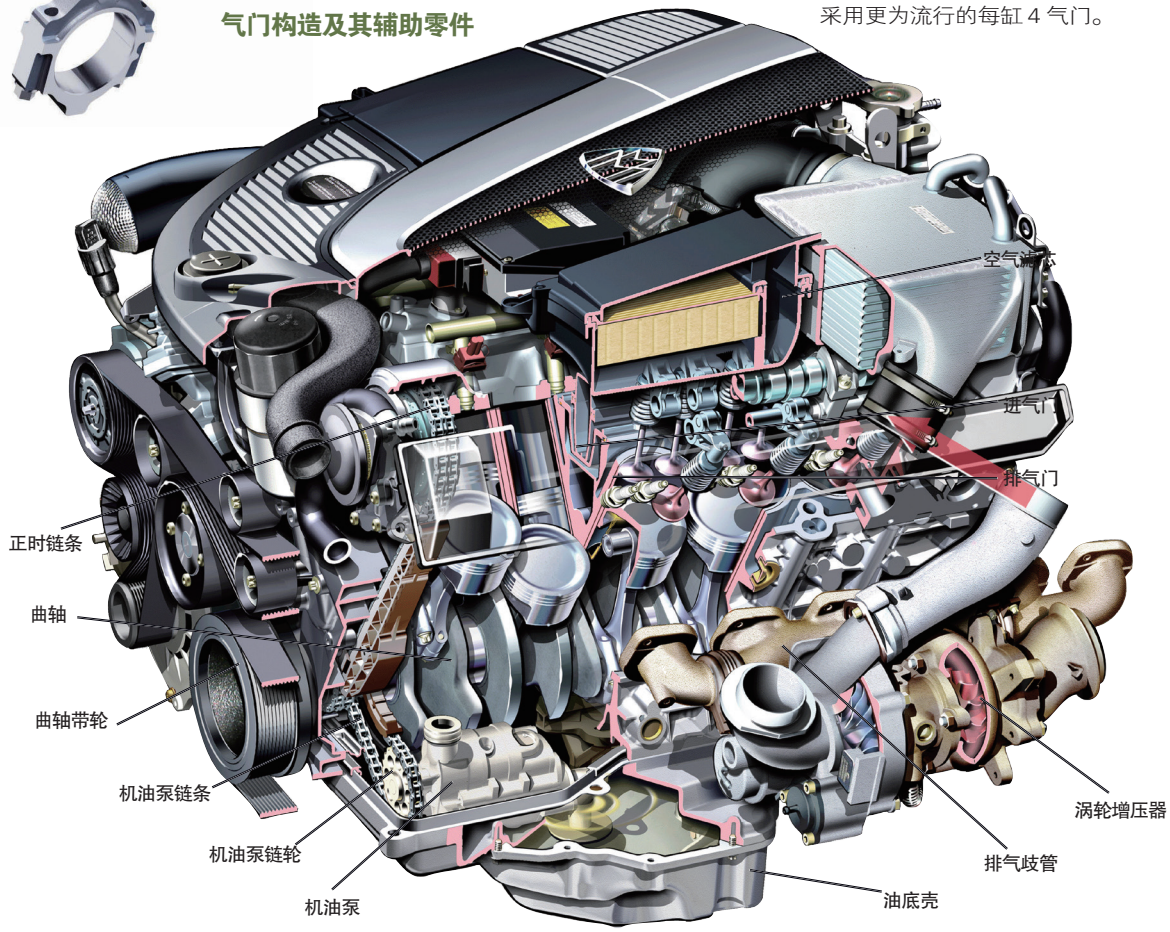
由于进气是被“吸”进去的，而排气是“推”出去的，因此进气比排气更困难，而且进气越多，燃烧得更好，发动机的性能也更好。因此，一般都将进气门设计得比排气门大，以降低进气难度，提高进气量。有的干脆多设计一个进气门，这才有了 3 气门（2 进 1 排）和 5 气门（3 进 2 排）设计。

气门构造及其辅助零件

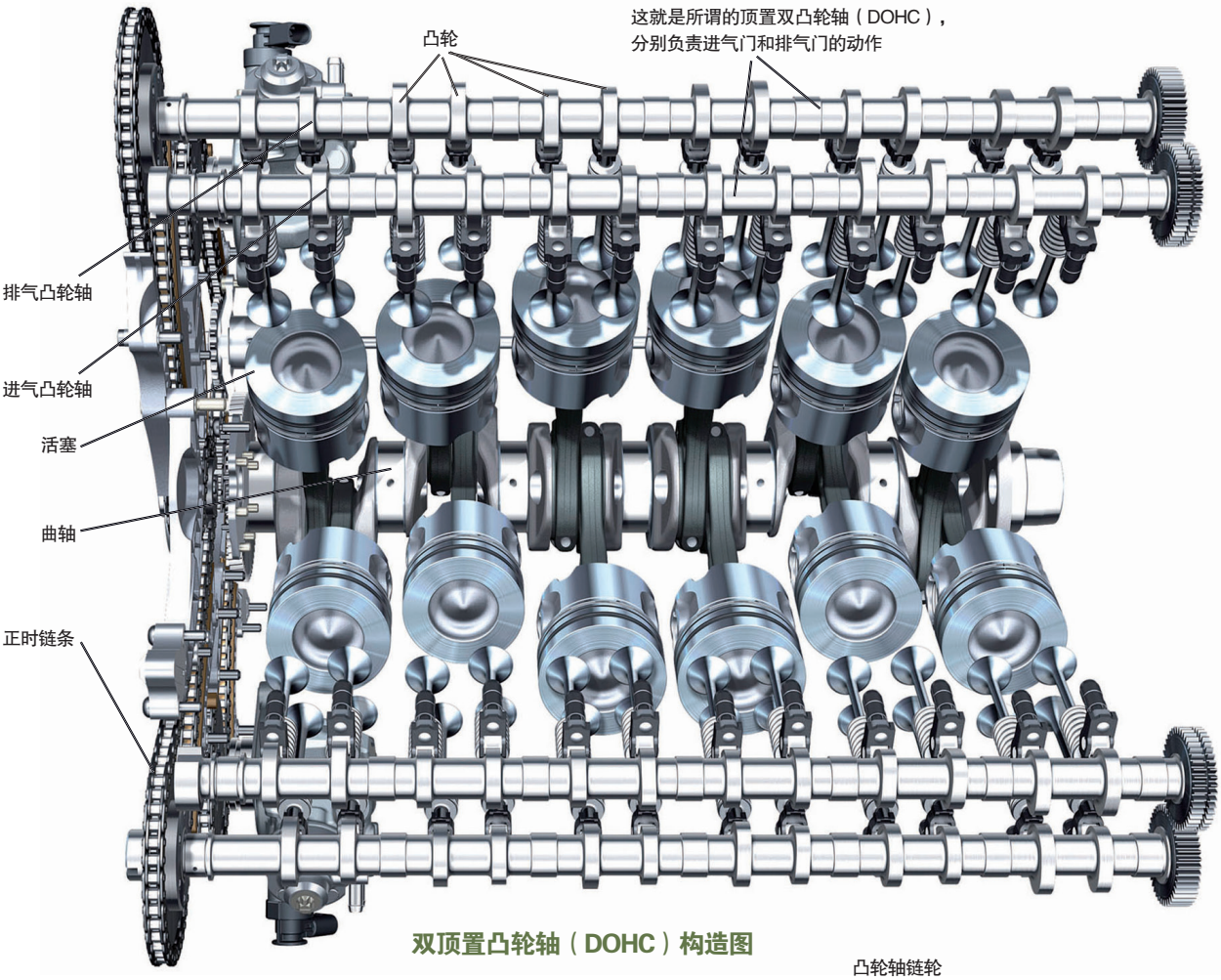


13 气门数为何不能太多?

多气门发动机具有高转速、高效率的优点。由于气门较多，高转速时进、排气效果较好，且火花塞放在中央可提高压缩比，因此发动机性能也较好。但多气门设计较复杂，气门驱动方式、燃烧室构造及火花塞位置都要精密安排，而且制造成本高，工艺要求先进，维修也较困难，其带来的效果并不是特别明显，或者说有点不太划算，因此现在基本放弃每缸 5 气门设计，而采用更为流行的每缸 4 气门。



汽油发动机构造图

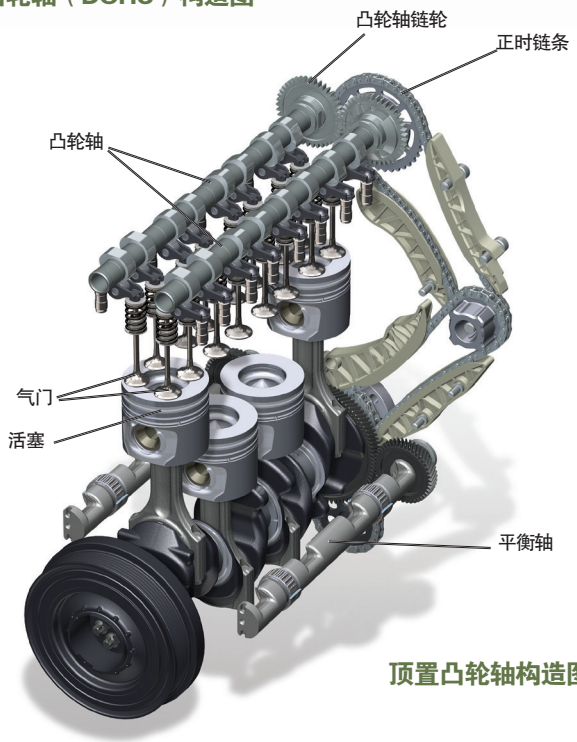


双顶置凸轮轴（DOHC）构造图

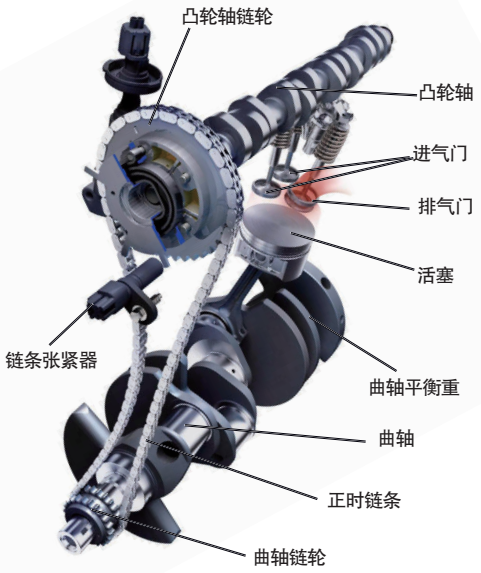
14

凸轮轴起什么作用？

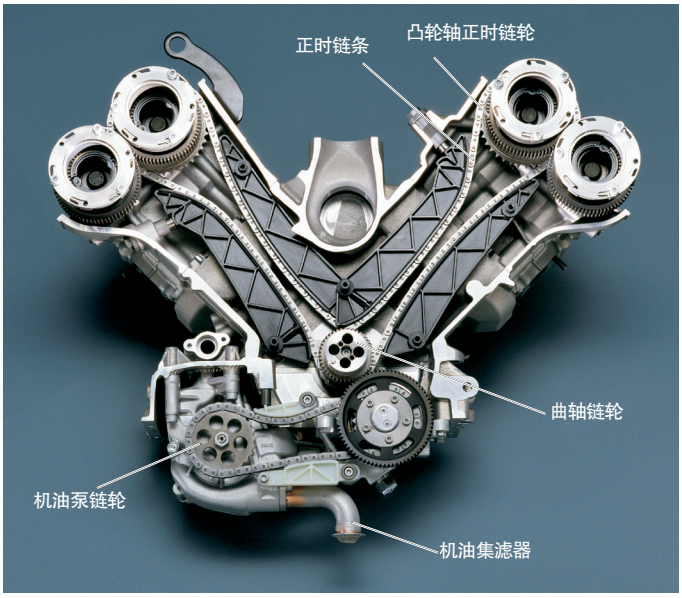
凸轮轴是一根可以不断旋转的金属杆，具有控制进气门和排气门开启和关闭的功能。在凸轮轴上有数个圆盘形的凸轮，当凸轮轴旋转时，凸轮便会依序下压而使气门运动，使发动机产生四行程循环运动。同时，通过灵活控制凸轮轴的运行，还可调节气门的升程和正时，从而提高发动机的性能。



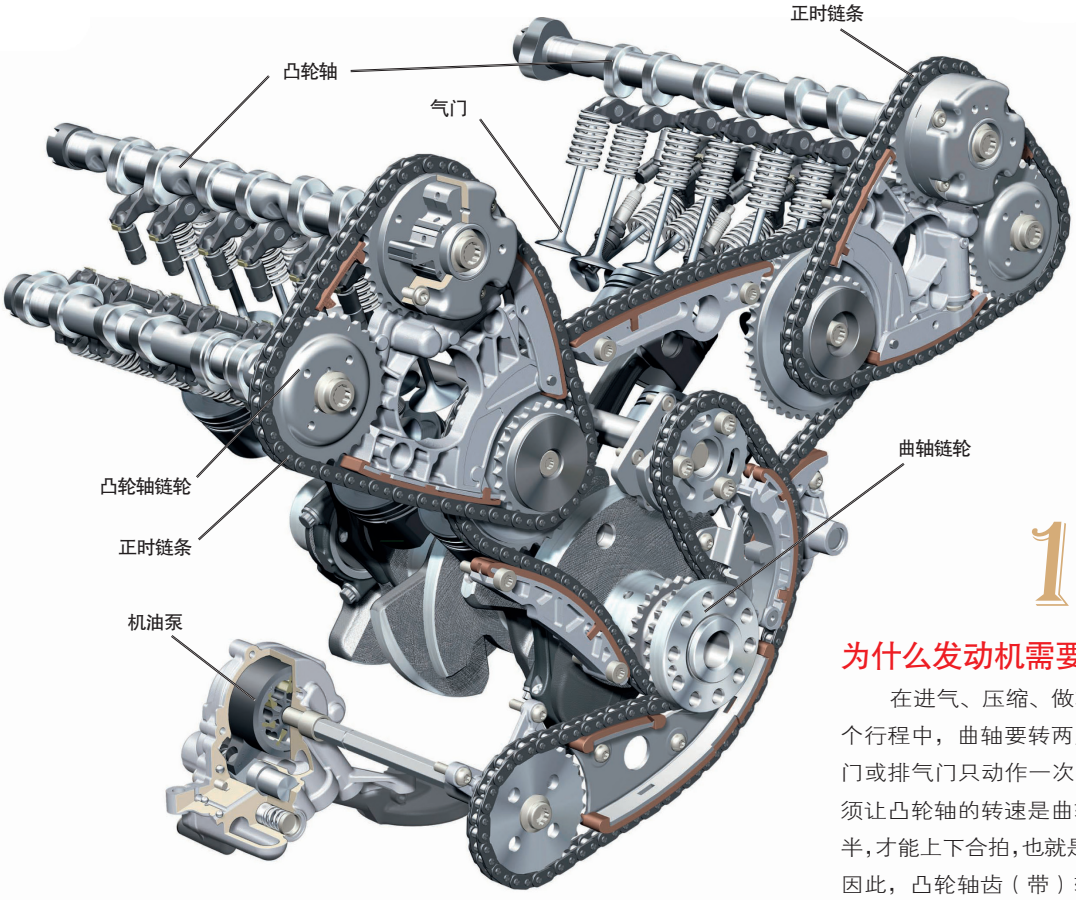
顶置凸轮轴构造图



正时机构示意图



V型发动机正时机构示意图



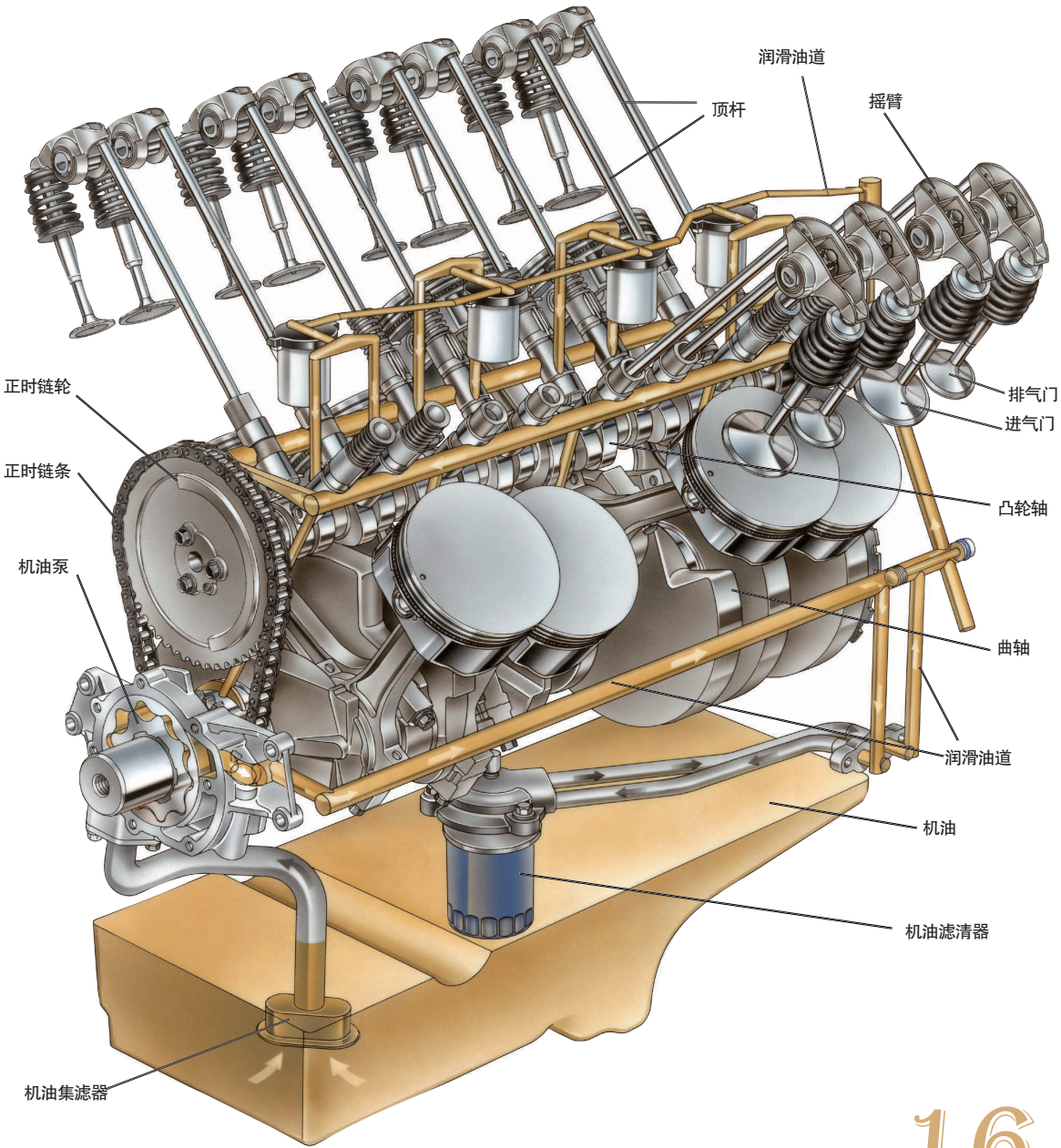
奥迪V6发动机正时机构示意图

15

为什么发动机需要正时?

在进气、压缩、做功、排气四个行程中，曲轴要转两周，而进气门或排气门只动作一次，因此，必须让凸轮轴的转速是曲轴转速的一半，才能上下合拍，也就是达到正时。因此，凸轮轴齿（带）轮齿数是曲轴齿（带）轮齿数的两倍大，以使它的转速慢下一半来。

请注意OHV发动机凸轮轴的位置，并没有在气缸顶端，而是在气缸侧面，然后通过顶杆来操纵摇臂和气门

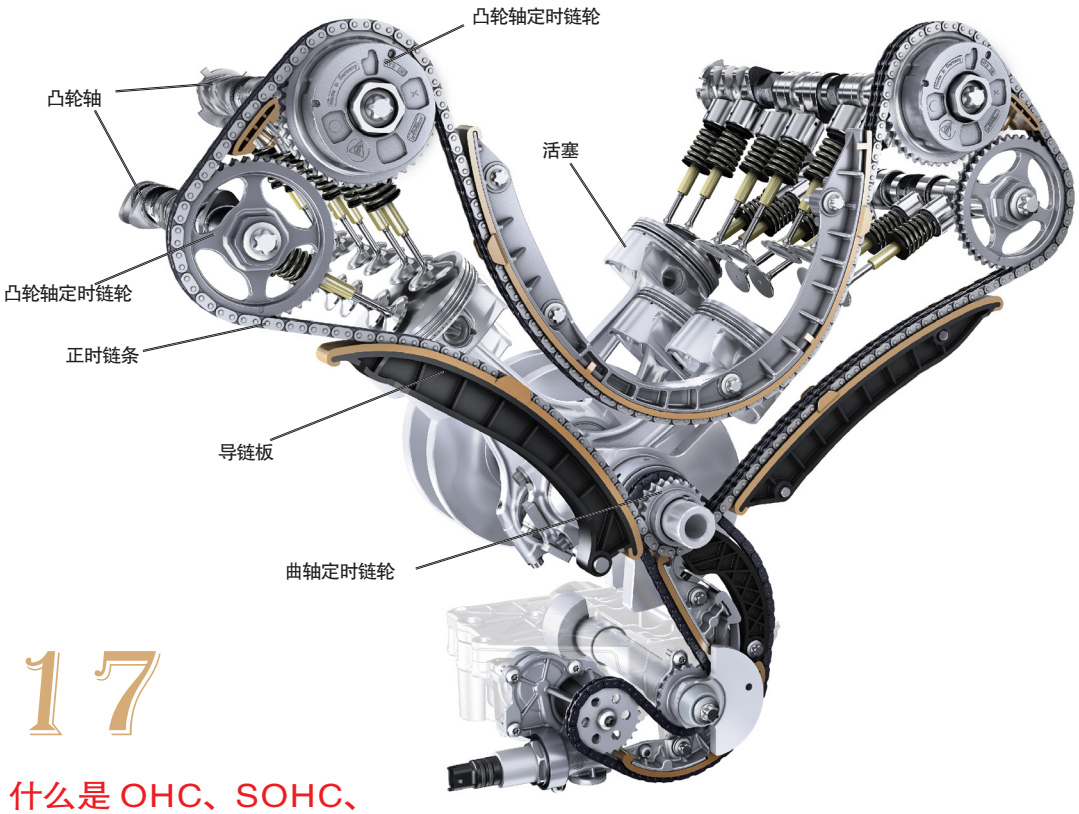


通用汽车顶置气门侧置凸轮轴（OHV）发动机构造图

16

什么是 OHV 发动机?

如果凸轮轴放在气缸侧面，而气门在气缸顶端，则称为顶置气门侧置凸轮轴（Over Head Valve, 简称 OHV）。



双顶置凸轮轴（DOHC）发动机正时机构

17

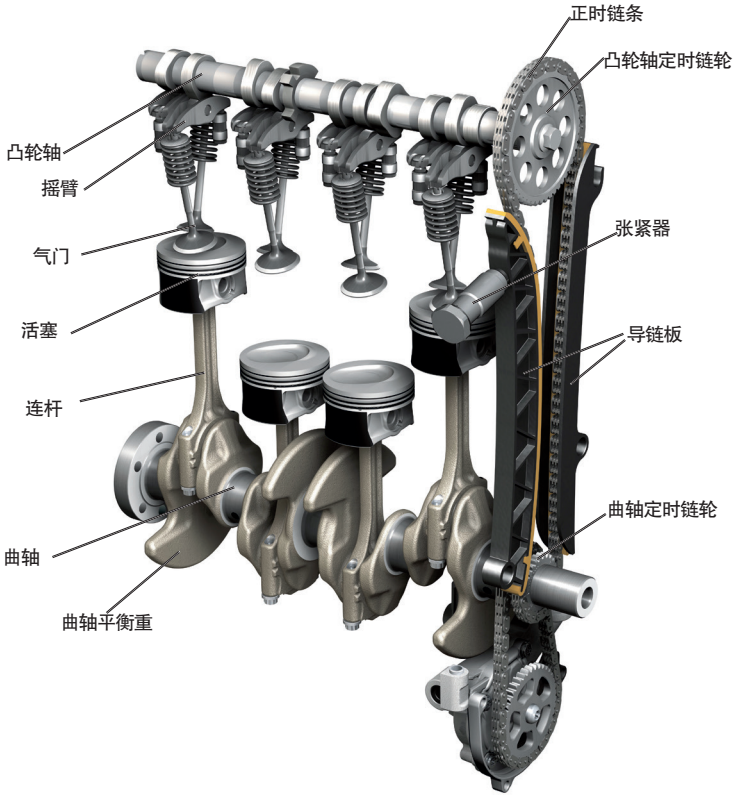
什么是 OHC、SOHC、DOHC 发动机?

如果凸轮轴位于气缸的顶部，就称为顶置凸轮轴（Over Head Camshaft, 简称 OHC）。

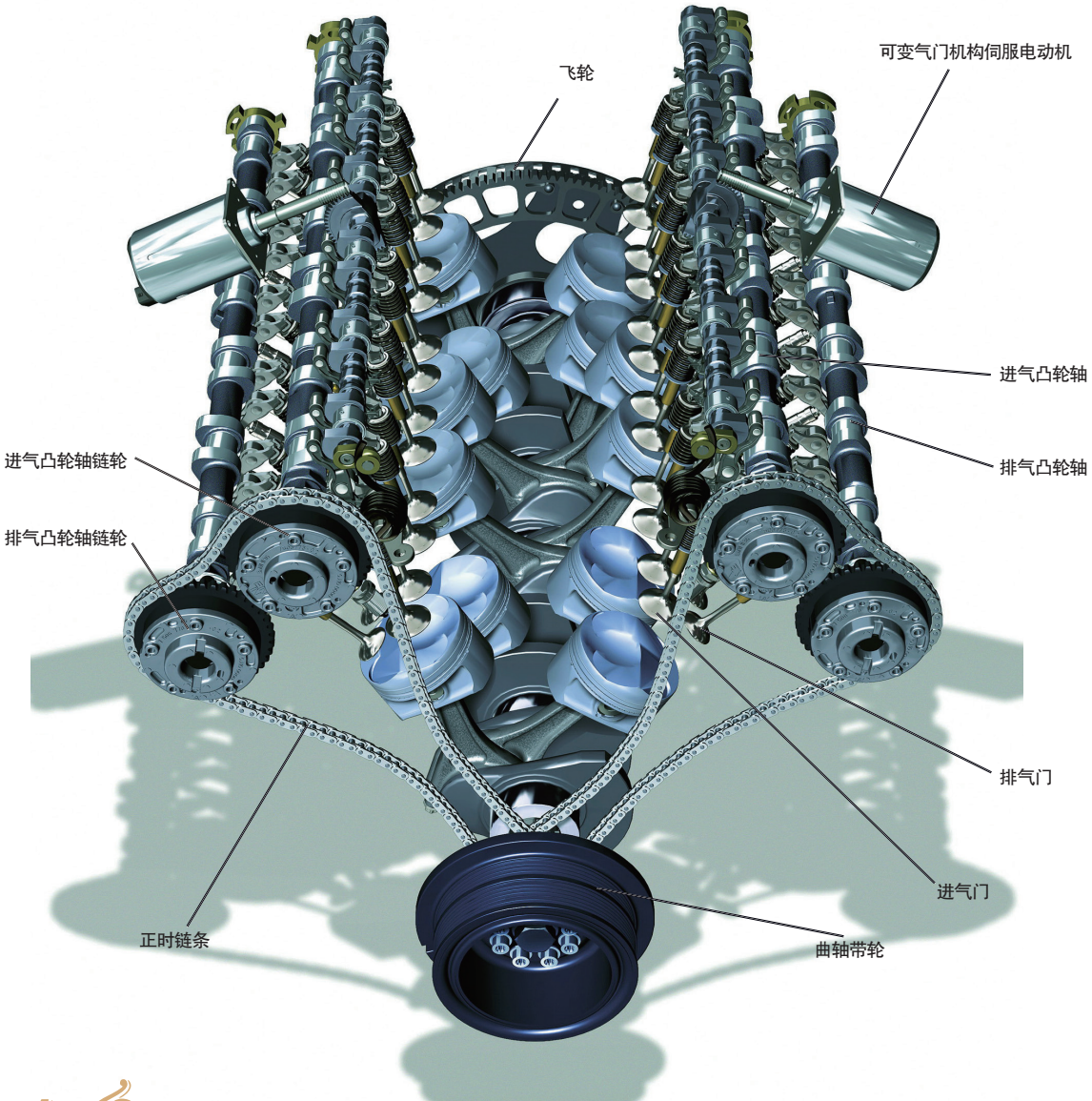
如果在顶部只有一根凸轮轴同时负责进气门和排气门的开关，则称为单顶置凸轮轴（Single Over Head Camshaft，简称 SOHC）。

如果在顶部有两根凸轮轴分别负责进气门和排气门的开关，则称为双顶置凸轮轴（Double Over Head Camshaft，简称 DOHC）

在单顶置凸轮轴时，一根凸轮轴为了控制分布在左右两边的进气门和排气门，必须使用摇臂等间接地操纵气门的开启，不易更灵活地控制气门的开启，也影响燃烧室的形状。而在 DOHC 下，凸轮轴有两根，一根可以专门控制进气门，另一根则专门控制排气门，这样可以增大进气门面积，改善燃烧室形状，而且提高了气门运动速度，非常适合高速汽车使用。



大众POLO 1.2升单顶置凸轮轴（SOHC）发动机构造图



18

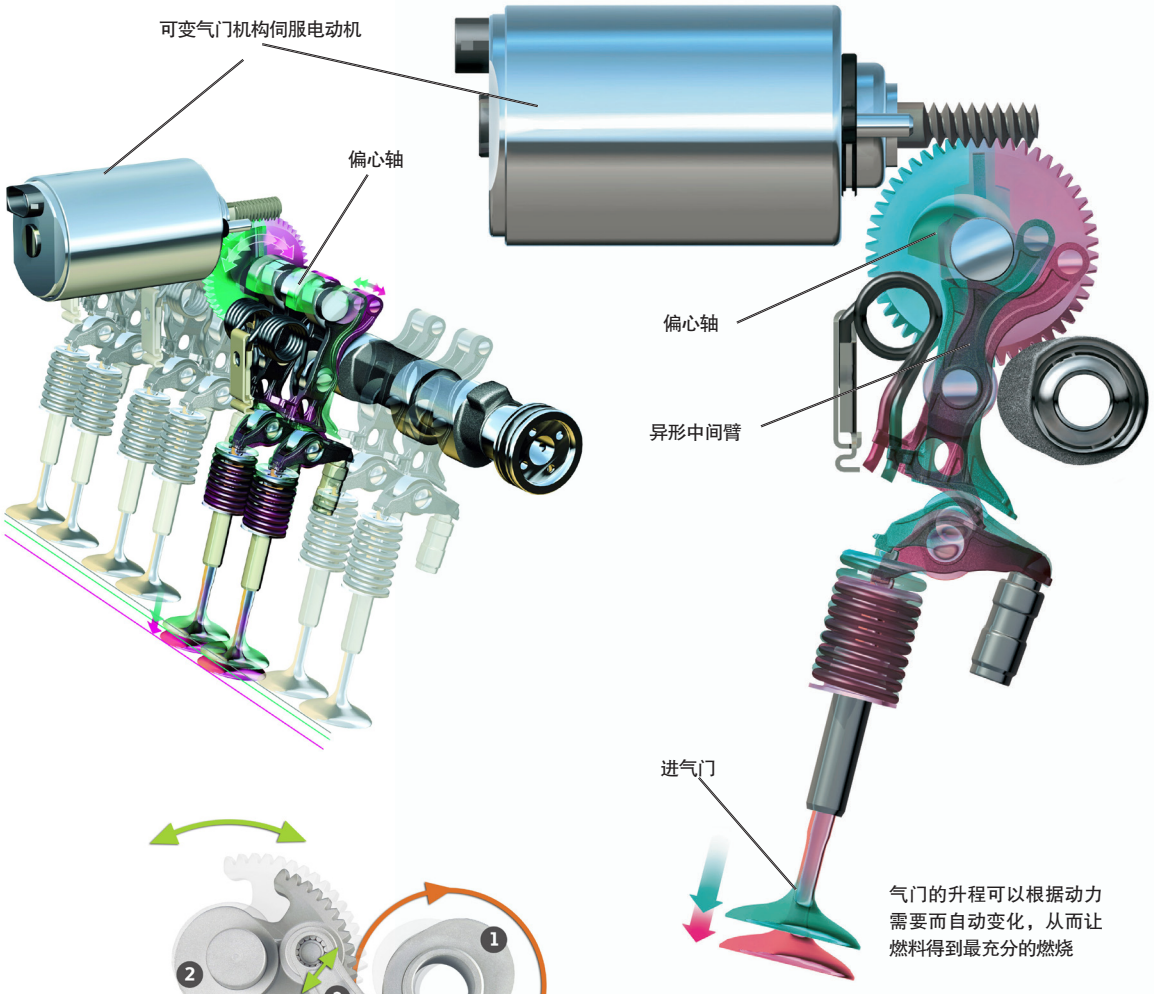
宝马发动机可变气门构造图

可变气门有什么好处?

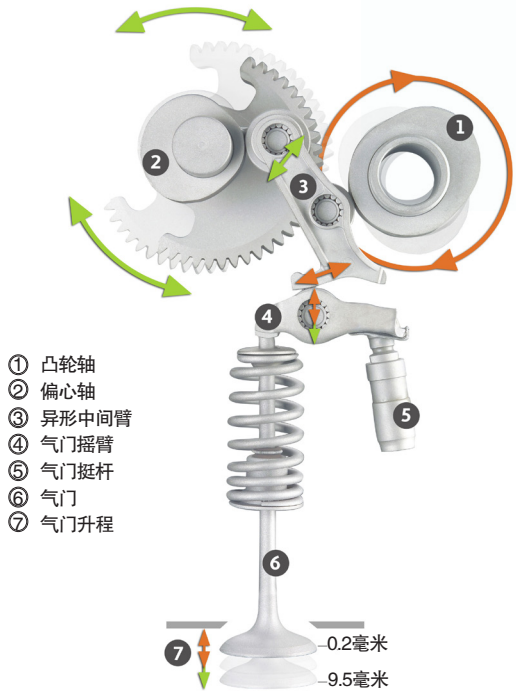
当人快速奔跑时，氧气消耗量就会增大。为了吸进更多的空气，你会自然地张大嘴巴；反之，当平常走路时，你的嘴巴不会张得太大。对于发动机来讲，也是如此，当高转速时，也需要吸入更多的空气（混合气），因此如能把气门提得更高些（改变升程）或延长气门的打开时间（改变正时），便能满足需求，从而提高动力；反之，当在低速时，则可以降低气门的升程或缩短打开时间，少吸入些混合气，从而节省燃料。

但是，传统发动机的气门升程和正时都是固定的，不论你是否需要更多的氧气，它都是张一样大的嘴，吸入同样多的气，这样对节油和提高动力都不利。因此，现在各种各样的可变气门便应运而生。

虽然各厂家所采用的执行机构不尽相同，但基本都是控制气门的升程或正时，或对气门正时和升程同时进行控制，因为气缸的进气量或排气量主要取决于气门的升程和正时。可变气门可以使气门在低速时进排气少点，在高速时进排气多点，从而使供给的燃料不浪费，也不亏欠，燃烧更完全，对动力、节油、排放都有好处。



宝马Valvetronic构造图

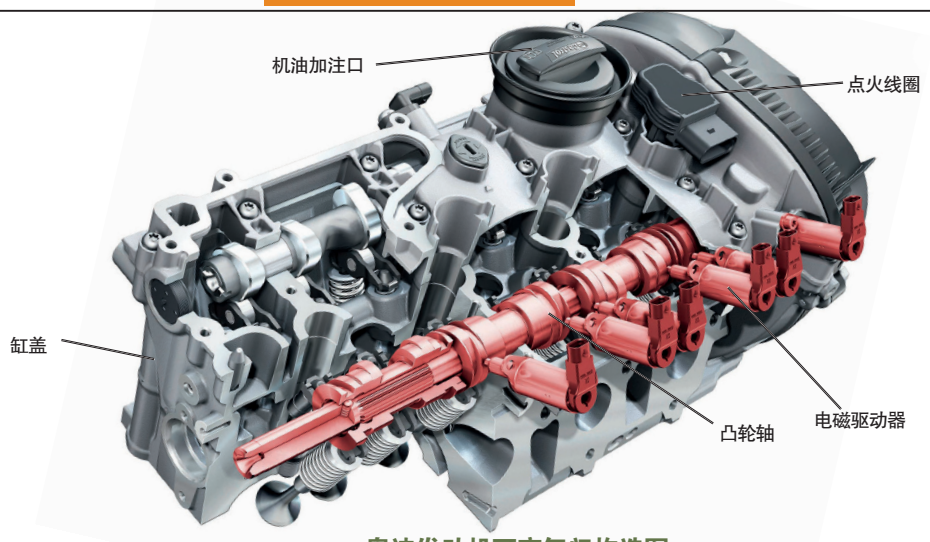


宝马Valvetronic工作原理示意图

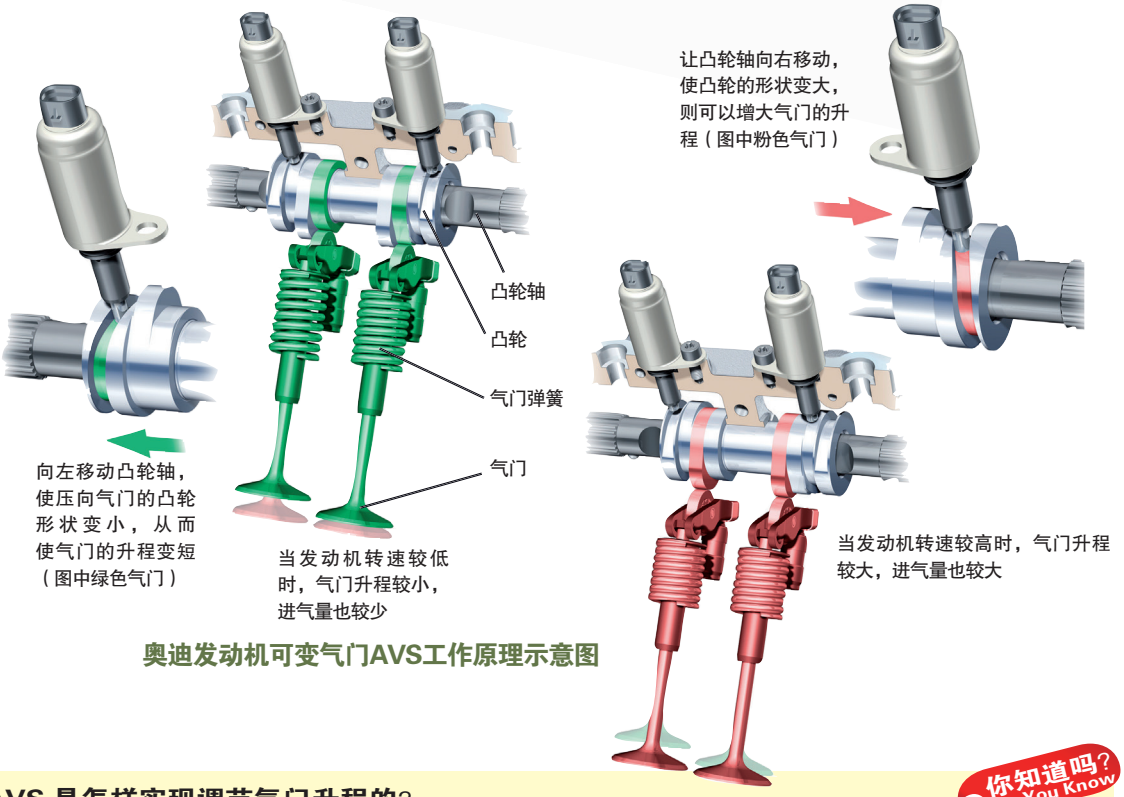
你知道吗? Do You Know

宝马 Valvetronic 工作原理

宝马的 Valvetronic 机构利用一个伺服电动机来控制一个偏心轴，它们之间实现一个由转速到角度的转换，从而可以使偏心轴更精确地转动，再由它控制一个异形中间臂。中间臂的运动轨迹同时受凸轮轴运动的影响。这个中间臂再带动进气门摇臂动作，可以实现对进气门的无级调节。当驾驶人踩加速踏板时，伺服电动机便会根据所收集的信号做适当的运转，然后驱动偏心轴、异形中间臂、可变正时凸轮轴和气门摇臂，对进气门的正时和升程进行无级调节。



奥迪发动机可变气门构造图



奥迪发动机可变气门AVS工作原理示意图

你知道吗? Do You Know

AVS 是怎样实现调节气门升程的?

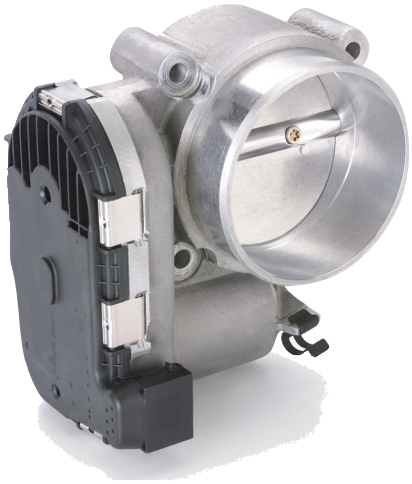
气门的运动是由凸轮轴来控制的，而凸轮轴上的凸轮形状决定了气门工作的正时和升程。AVS 就是在凸轮轴上装备两级不同的凸轮，以此实现对气门运动特性的调节。

AVS 的核心部件：一是负责控制进气门的凸轮轴上装备两组不同角度的凸轮，二是负责改变升程的螺旋沟槽套筒。螺旋沟槽套筒由电磁驱动器加以控制，以切换使用两组不同凸轮，改变进气门的正时和升程。

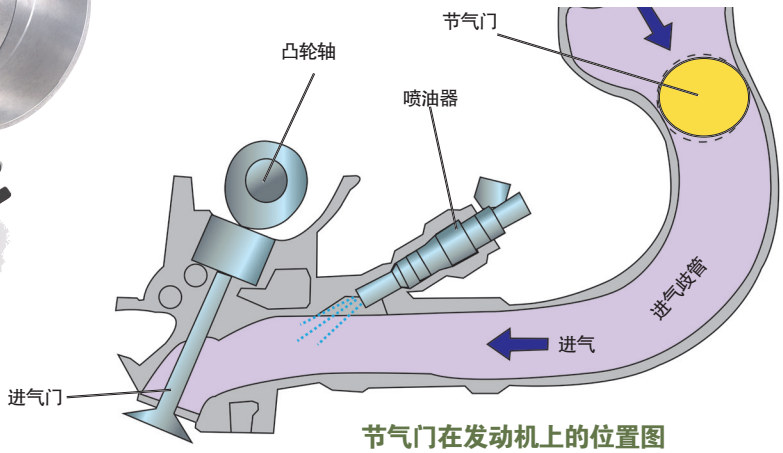
在发动机高负载的情况下，AVS 系统将凸轮向右推动 7 毫米，使角度较大的凸轮得以推动气门顶杆。在此情况下，气门升程可达到 11 毫米，以提供燃烧室最佳的进气流量和进气流速，实现更加强劲的动力输出。

而在发动机低负载的情况，为了追求发动机节油性能，此时 AVS 系统则将凸轮推至左侧，以较小角度的凸轮推动气门顶杆。此时气门升程可在 2~5.7 毫米间进行调整。由于采用不对称的进气升程设计，因此空气以螺旋方式进入燃烧室，再搭配特殊外廓的燃烧室和活塞头设计，可让气缸内的油气混合状态进一步优化。

节气门体和进气歧管



节气门体

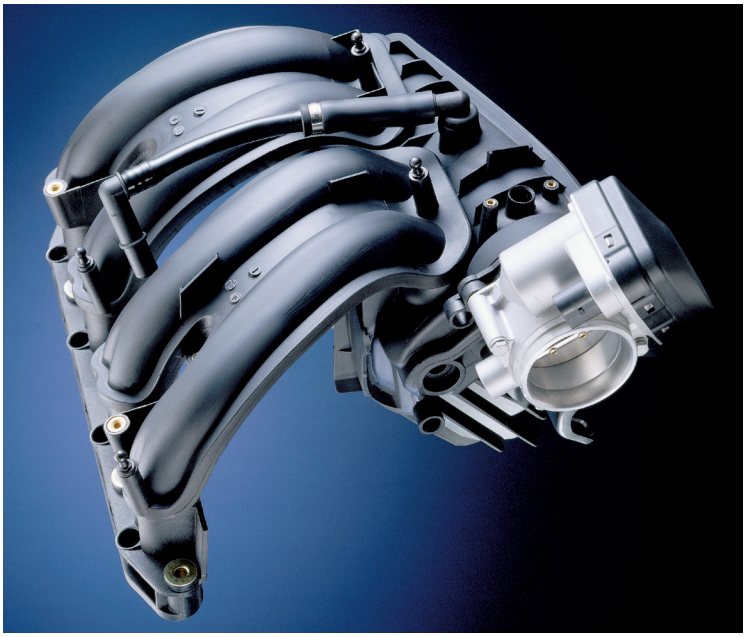


节气门在发动机上的位置图

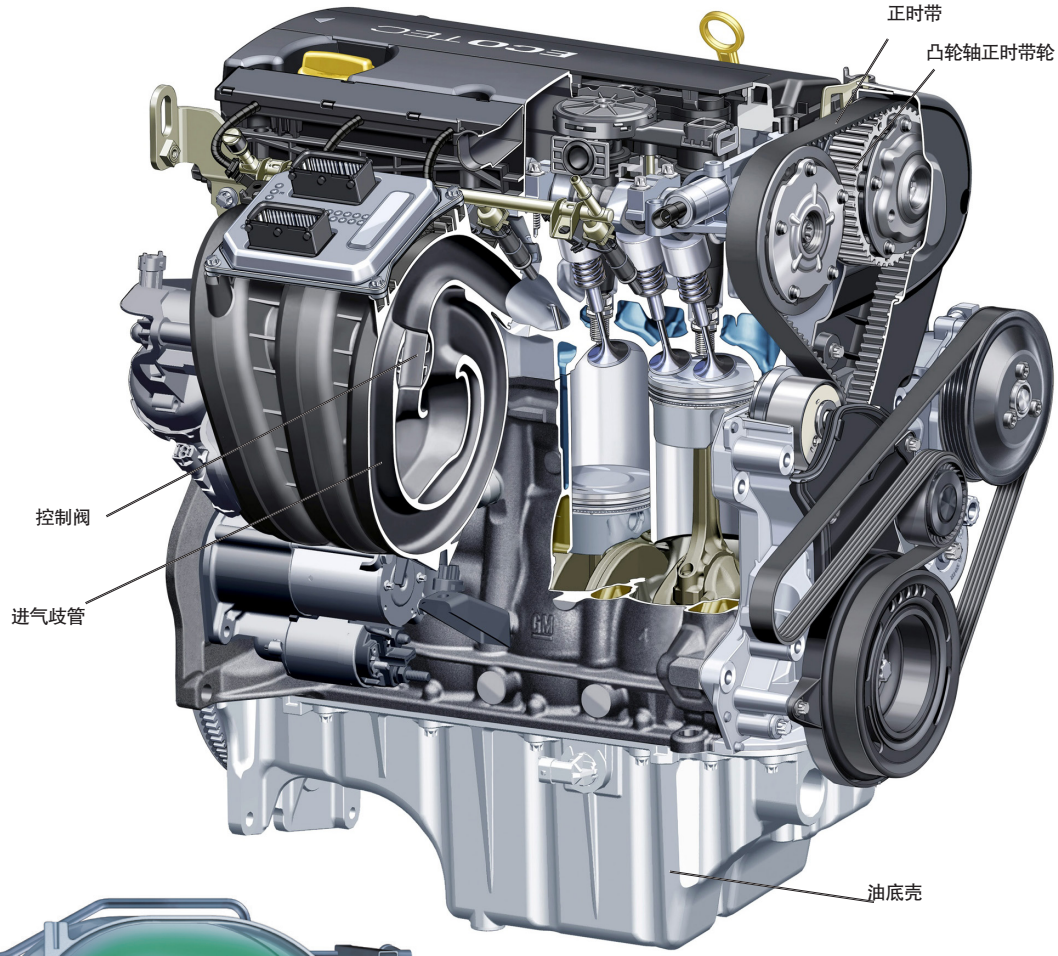
19

节气门起什么作用?

进气系统主要包括两大部件，一是空气滤清器，它主要滤清空气，去除空气中的杂质；二是进气道，它将空气与燃油的混合气引入气缸中。在进气道中有节气门，它可控制进入气缸的混合气量的多少。此节气门与驾驶人脚下的加速踏板（俗称油门踏板）直接相连，加速踏板踏下越深，节气门开度越大，混合气进入就越多，发动机的转速就会上升。如果加速踏板和节气门是通过电信号控制的，而不是拉索硬性连接，那么就称其为电子节气门（俗称电子油门）。



进气歧管系统



进气歧管长度可变发动机

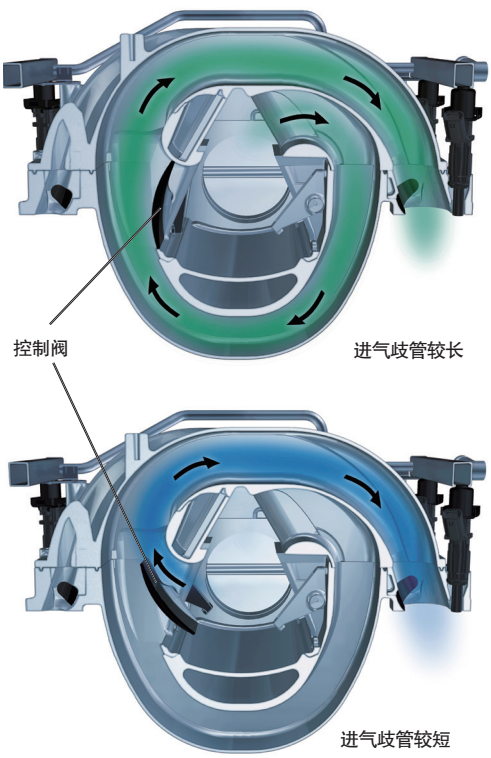
20

进气歧管长度也可变?

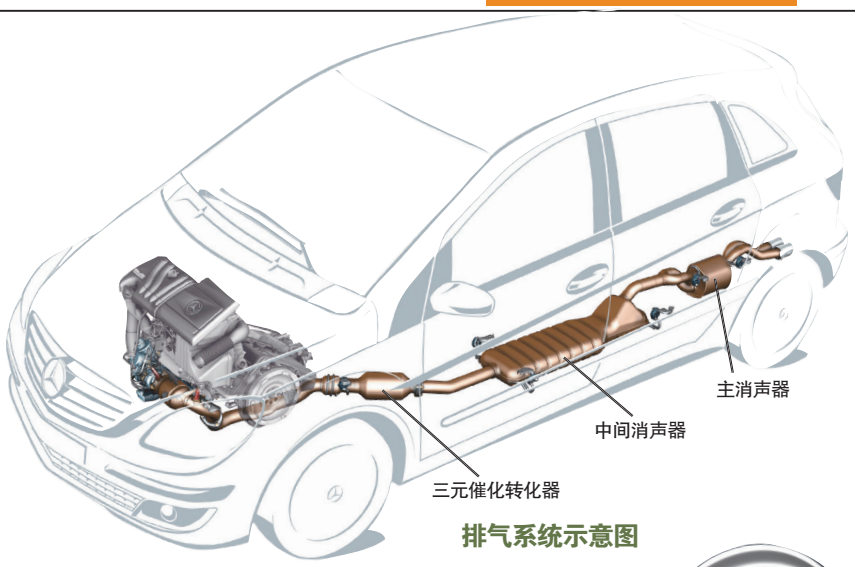
发动机转速高时，如果进气流速比较低，就不利于保证高速时的动力输出。因此，如能将进气管道的长度变短一些，便可提高进气速度，从而将进气流速控制在一个合理的范围内。低转速时亦然。

进气歧管长度变化的具体做法是关闭或打开进气道中的一些阀门，让气流走捷径或绕远便可达到改变进气歧管长度的目的。

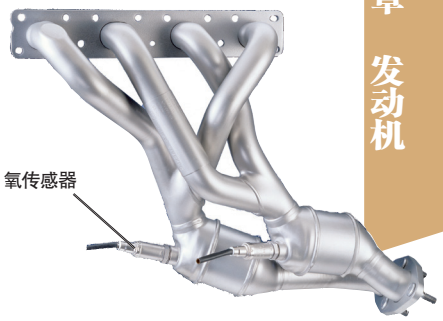
左图是奔驰发动机上的长度可变进气歧管设计。其原理是，当发动机在低转速运转时，黑色控制阀关闭，气流被迫从长歧管流入气缸，此时，进气速度得以降低，以适应低转速时的进气情况。当发动机转速上升到一定程度时，如 5000 转 / 分，此时控制阀开启，气流绕开下部导管直接注入气缸，这样更利于高速进气。



可变进气歧管长度示意图



排气系统示意图



形状各异的排气歧管

21

排气歧管为何奇形怪状?

排气系统的作用是将燃烧后的废气尽快从气缸中排出到大气中，它包括排气歧管、三元催化转化器、消声器、排气总管等。

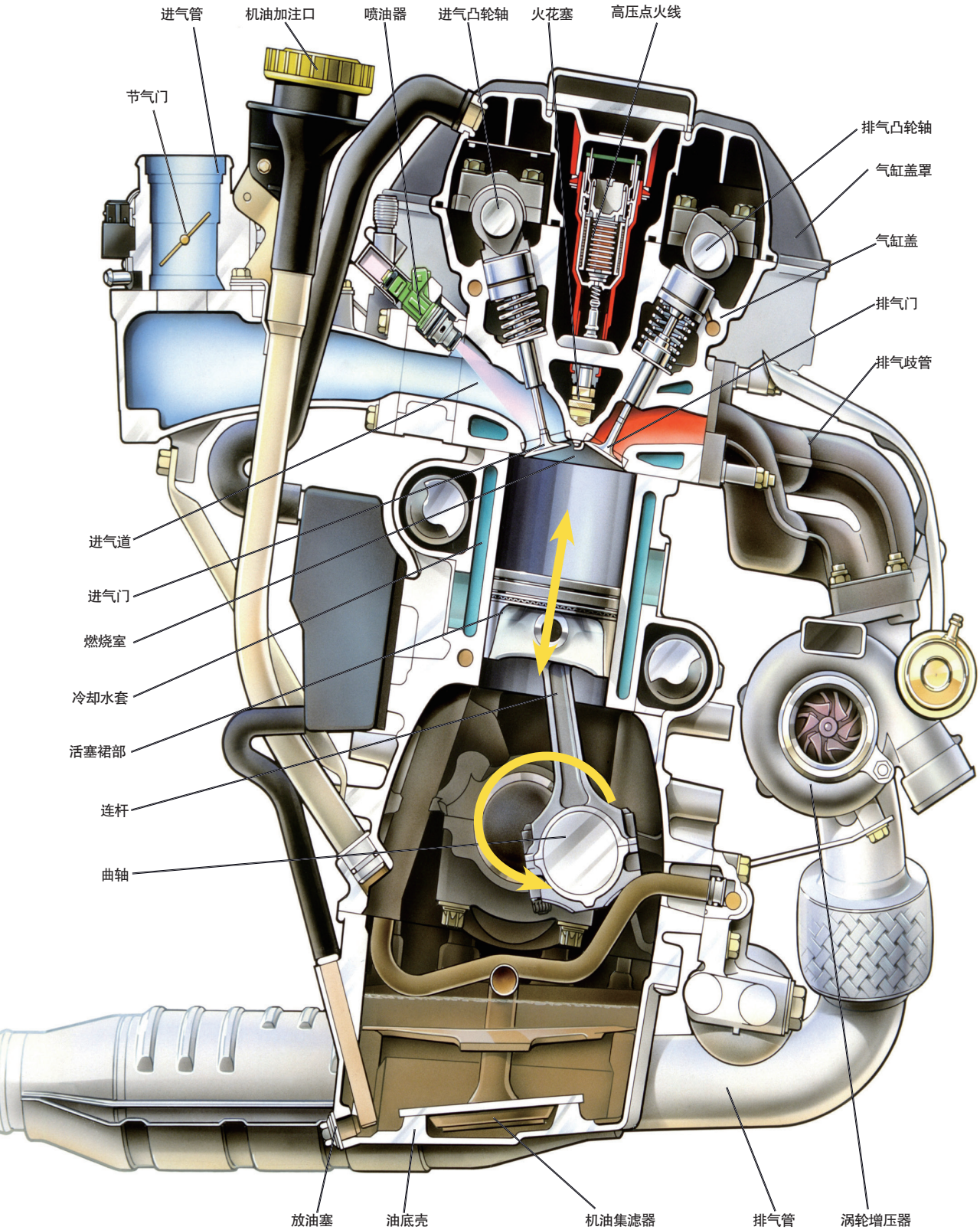
由于排气口间距离比较近，它们之间如果产生相互干涉现象或废气回流现象，必然影响发动机的排气顺畅度，进而影响动力发挥。因此，对动力性能特别注重的跑车、赛车等，它们都把排气歧管设计得非常怪异。但是，在看来紊乱的排气歧管设计中，却包含几个重要原则：

1）各缸排气歧管尽可能独立。

2）各缸排气歧管长度尽可能相等。

3）排气歧管的长度尽可能长。

4）排气歧管内表面尽可能光滑，防止出现紊流。


进气管
机油加注口
喷油器
进气凸轮轴
火花塞
高压点火线
节气门
排气凸轮轴
气缸盖罩
气缸盖
排气门
排气歧管
进气道
进气门
燃烧室
冷却水套
活塞裙部
连杆
曲轴
放油塞
油底壳
机油集滤器
排气管
涡轮增压器

发动机内部运动示意图

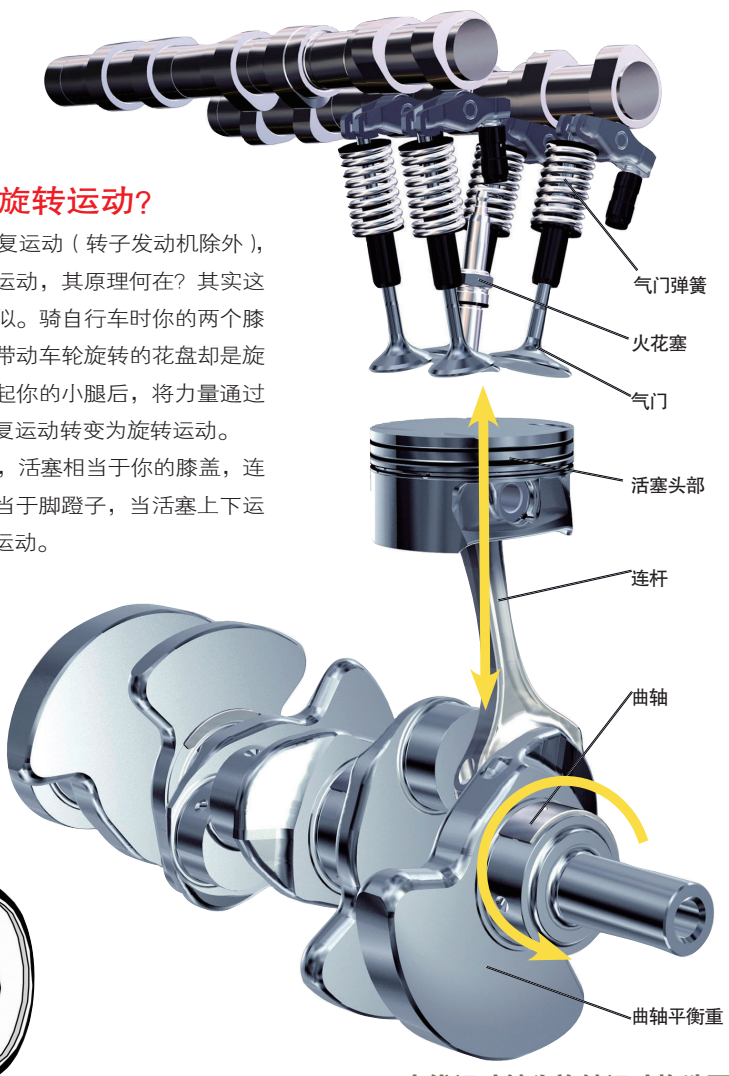
22

直线运动怎样变成旋转运动?

活塞在气缸内是直线往复运动（转子发动机除外），但它的动力输出轴却是旋转运动，其原理何在？其实这与我们骑自行车时的情况相似。骑自行车时你的两个膝盖基本是上下直线运动，但带动车轮旋转的花盘却是旋转运动。因为膝盖下压或提起你的小腿后，将力量通过脚腕、脚、脚蹬子，便将往复运动转变为旋转运动。

在发动机内部也是如此，活塞相当于你的膝盖，连杆相当于你的小腿，曲轴相当于脚蹬子，当活塞上下运动时，便会带动曲轴做旋转运动。

由直线运动转变为旋转运动示意图



直线运动转为旋转运动构造图

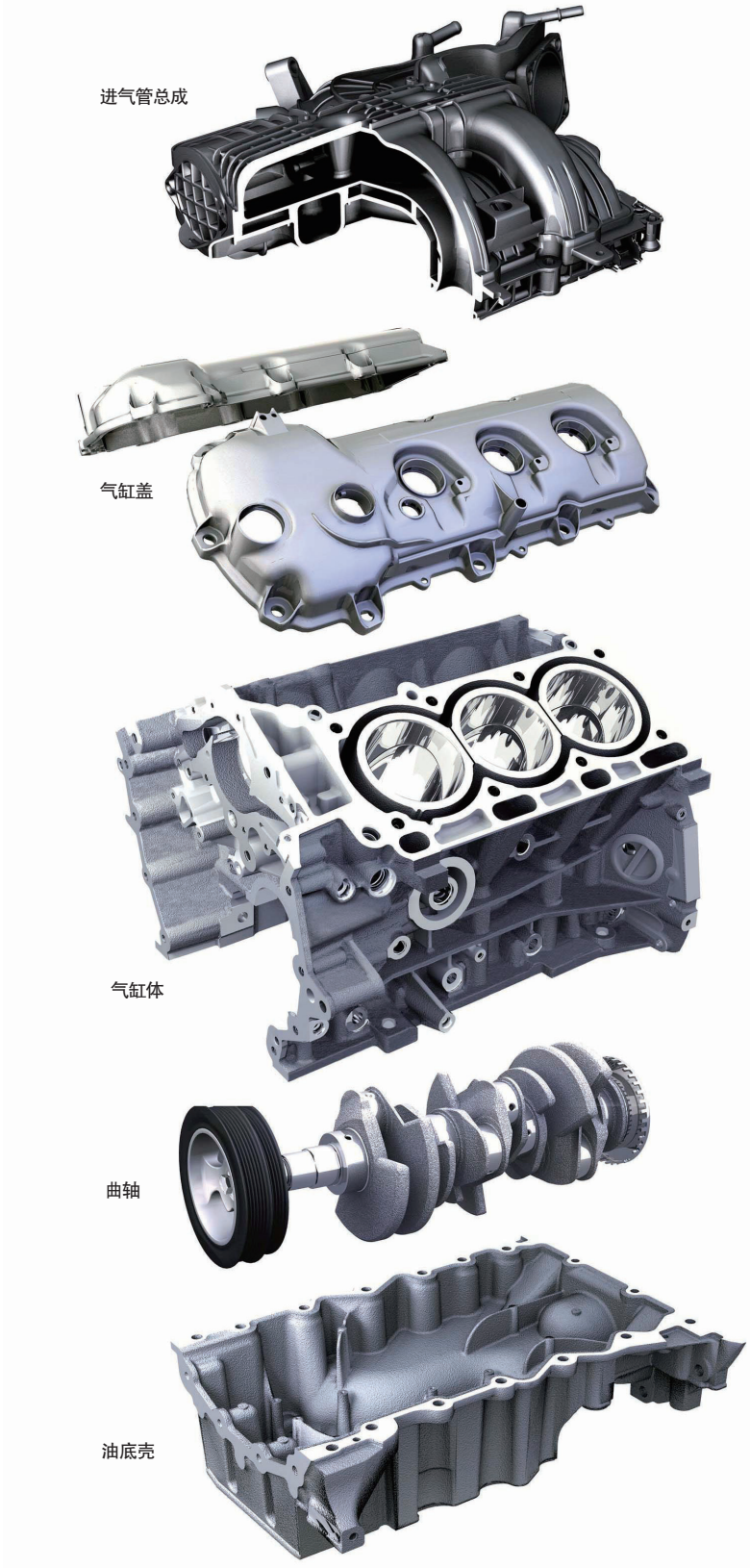
23

活塞最辛苦?

活塞是装在气缸中往复运动的部件，它将顶部所承受的燃气压力传递给连杆，从而推动曲轴旋转。在发动机中，活塞的工作条件最严酷，可以说是汽车心脏中的心脏，汽车的每一分力量都是通过活塞发出的。活塞不仅要承受巨大的压力，而且要承受非常高的温度。在高速运转中，活塞的行进速度有时可达到 20 米 / 秒。因此，对活塞的材质、制作精度等要求都异常高。

活塞的顶部一般都不是平的，而是凹进去一点，这主要是为燃烧室所留空间。另外，为了减轻活塞的重量，一般都将它设计成空心的。

被拆解的活塞连杆组件



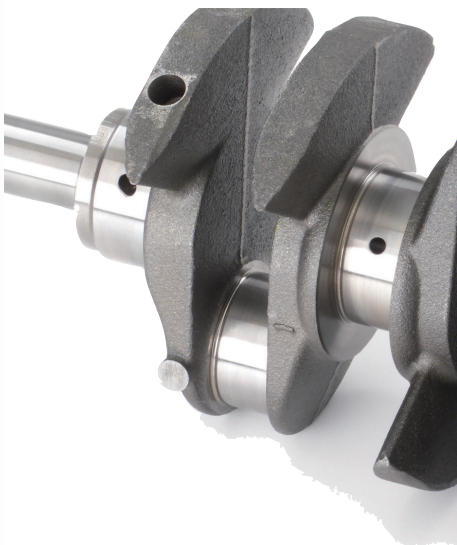
发动机主要构造分解图

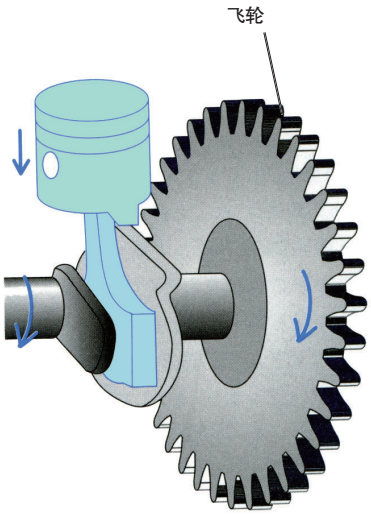
24

为何说曲轴是中心轴?

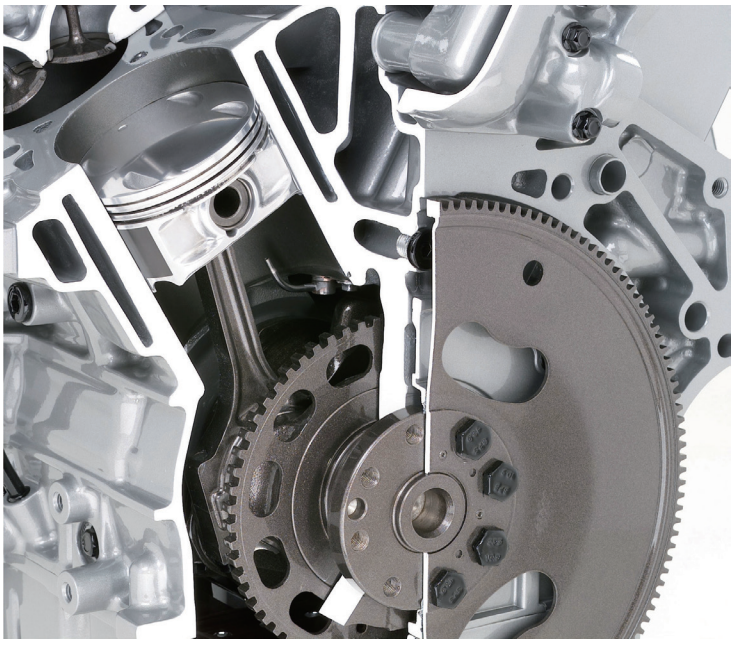
发动机产生的动力经由活塞、连杆再传到曲轴，使曲轴每分钟旋转数千次，将动力传递到传动系统，使车轮转动。曲轴的旋转也会带动分电器、散热器、机油泵、发电机和凸轮轴带轮等。可以说，曲轴是发动机动力的中转轴，是中心轴。由于它是根弯弯曲曲的轴，故称为曲轴。

曲轴通过连杆将活塞的往复运动转变成圆周运动，它既要承受很大的力，又要高速旋转，它的强度必须非常高，刚性也要好，因此一般都比较粗壮。为了减小曲轴运转中的振动，一般都会在它上面装有平衡重块，以保证发动机运转平稳。



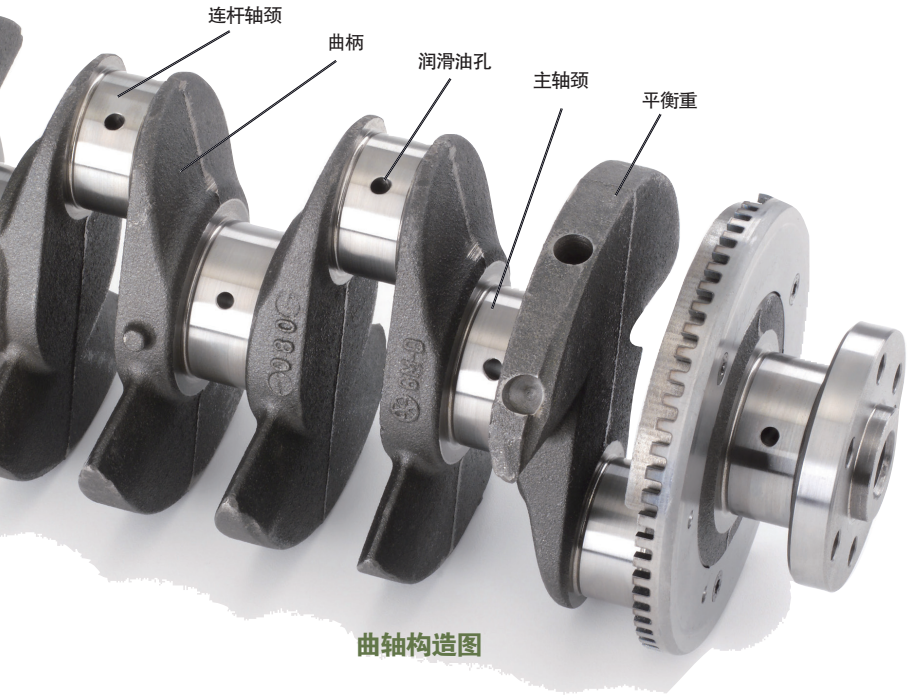


飞轮所在位置示意图1



飞轮所在位置示意图2

飞轮储存动能原理示意图



曲轴构造图

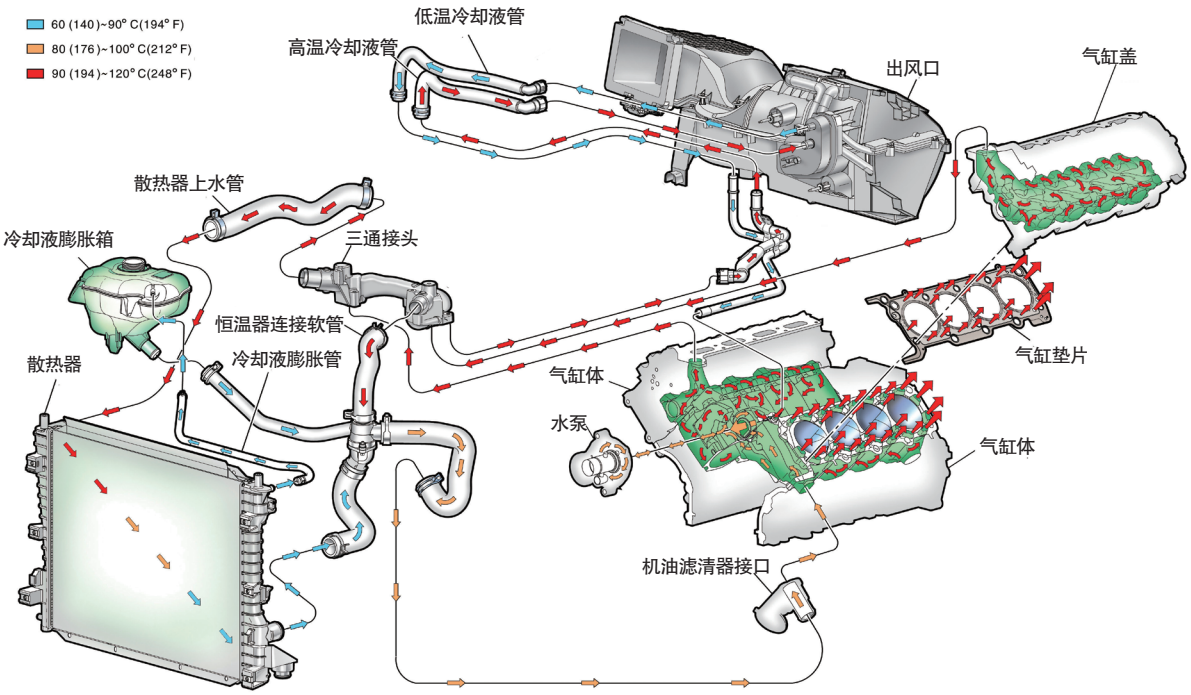
25

飞轮为何能储存动能？

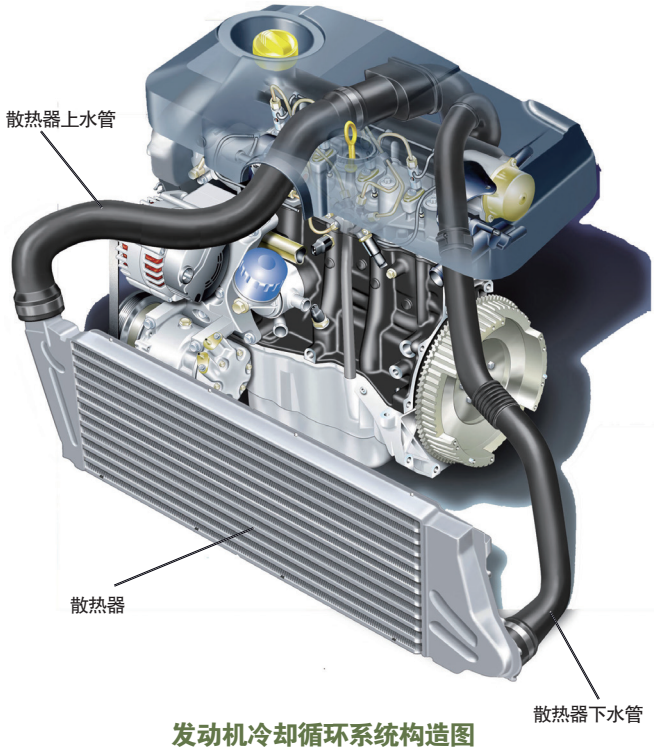
飞轮的作用是储存发动机的运动能量，因为无论旋转速度如何高，而活塞在完成的四个行程中只有一次是做功的，而进气、压缩、排气三个行程中活塞都会遇到较大的阻力，或者说需要一定的力量才能完成任务。因此，利用重量和直径都较大的飞轮先把动能储存起来，便可带动曲轴平稳运转。

飞轮储存动能的原理有点像小孩玩具陀螺，用劲旋转后它会自动旋转一段时间。

飞轮还有另外两个作用，一是它的外周镶有齿环，它与起动机直接相连，通过起动机带动飞轮旋转从而起动发动机；二是利用飞轮圆盘的大面积，可以让它与离合器相连，从而向传动系统传递动力。



发动机冷却流程示意图



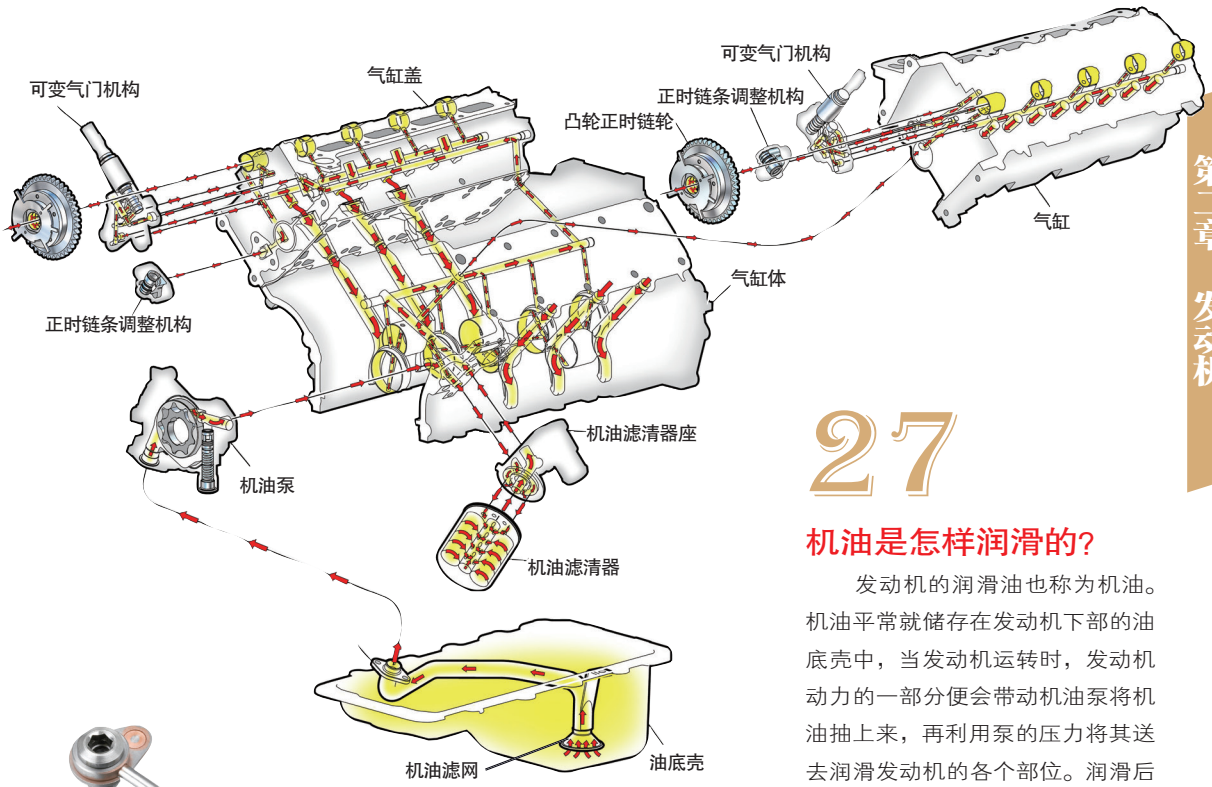
发动机冷却循环系统构造图

26

发动机如何冷却?

发动机冷却分水冷及风冷两种。水冷是指利用冷却液来降低发动机的温度，而风冷则是指用自然风或风扇来吹散发动机热气，达到降低发动机温度的目的。一般车用发动机为水冷式。

水冷式发动机是通过水泵使环绕在气缸周围水套中的冷却液加速流动，并把水套中的冷却液引入散热器中，再利用行驶中吹进的自然风和风扇的吹风，使冷却液在散热器中进行冷却，然后再将它们引入水套中，进行周而复始的循环冷却。这些冷却液可以不断循环利用，也可以供汽车的暖气系统使用。



发动机机油润滑流程示意图

27

机油是怎样润滑的?

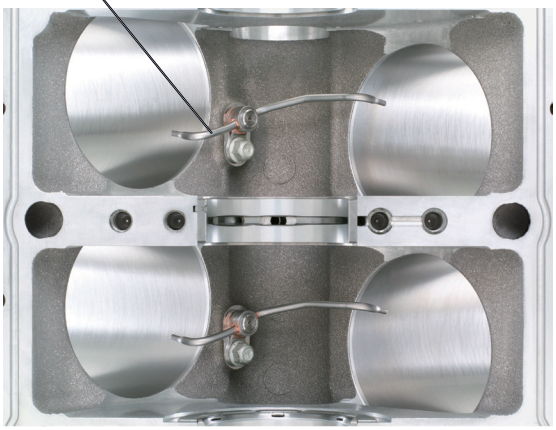
发动机的润滑油也称为机油。机油平常就储存在发动机下部的油底壳中，当发动机运转时，发动机动力的一部分便会带动机油泵将机油抽上来，再利用泵的压力将其送去润滑发动机的各个部位。润滑后的机油再变成油滴沿壁落回到油底壳中，然后再被抽上来继续润滑各部件。

在反复润滑后，磨损的金属末或灰尘就会混入机油中，这样反而会加速滑动面的磨损，因此，在机油的油路上必须安装机油滤清器，时刻对机油进行过滤。即使如此，时间长了机油也会变脏，因此行驶一定里程后必须更换机油。机油在润滑的同时，还能起到一定的冷却作用。

你知道吗? Do You Know

活塞特别冷却

活塞是气缸中甚至是发动机中最“辛苦”的部件，不仅受到巨大的压力，而且要不停地奔跑，因此它的冷却非常重要，必须为它装上单独的机油喷管进行特别的冷却。



机油润滑气缸和活塞示意图

机油泵剖面图

雪佛兰克尔维特V8发动机部件分解图

28

发动机共有多少个部件?

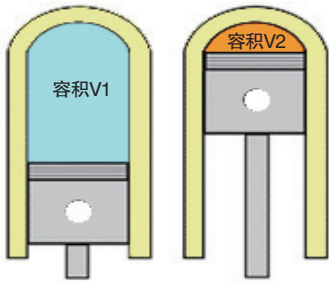
一台发动机不可拆解的零部件总数，根据构造复杂程度不同，大概在300~600个之间。据称一台法拉利跑车的发动机约有800个独立的零部件，而布嘉迪威航的W16发动机据称约有3500个零件。图为一台V8发动机的部件展示。

29

为何大排量发动机动力更强?

气缸排气量是指活塞从下止点到上止点所扫过的气体容积，它取决于缸径和活塞行程。发动机排量是各气缸排量的总和，一般用mL(毫升)或L(升)来表示。由于气缸体是圆柱体，它的容积不太可能正好是整升数，因此才会出现1998mL、2397mL等数字，它们可近似标示为2.0L、2.4L。

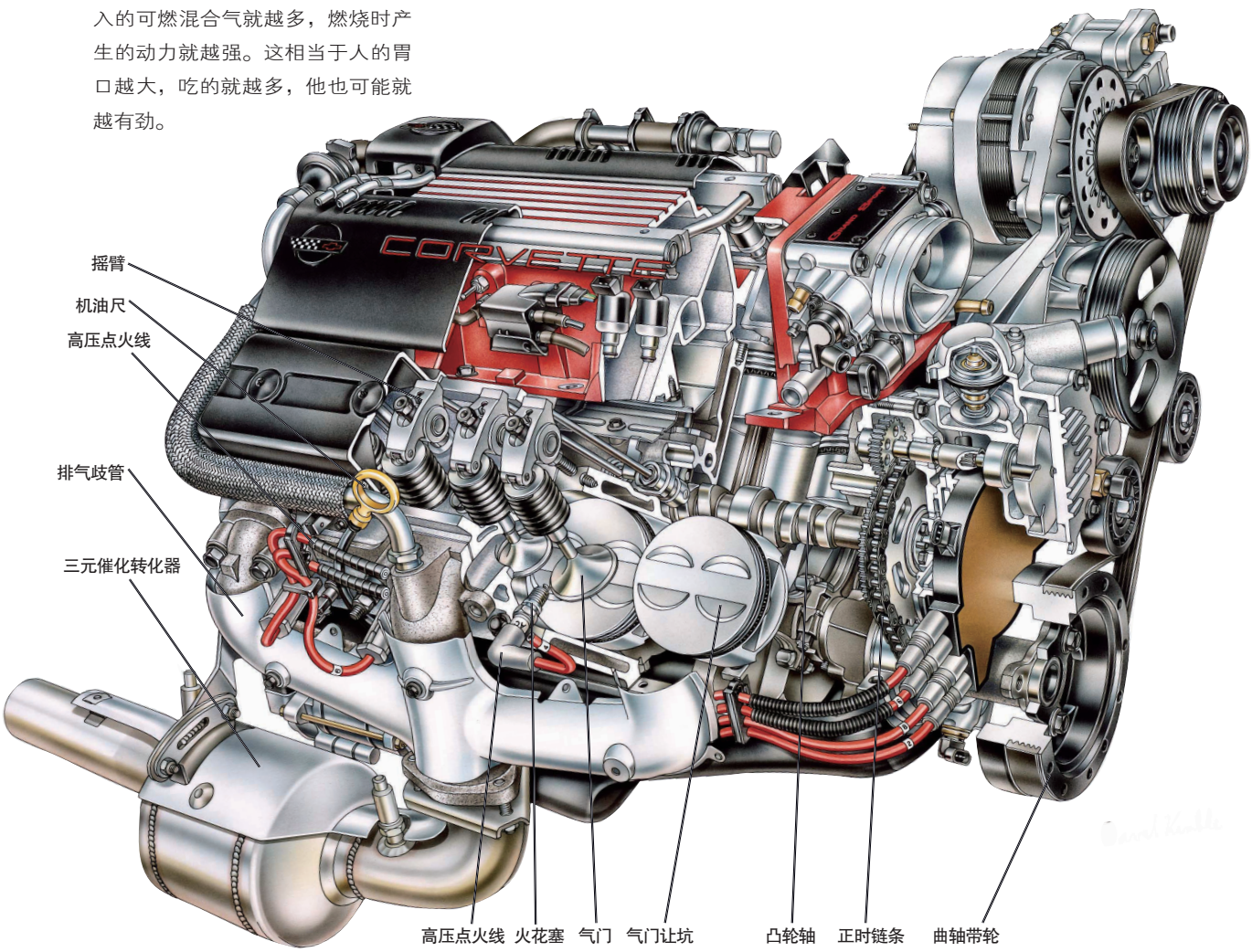
发动机的排量越大，它每次吸入的可燃混合气就越多，燃烧时产生的动力就越强。这相当于人的胃口越大，吃的就越多，他也可能就越有劲。



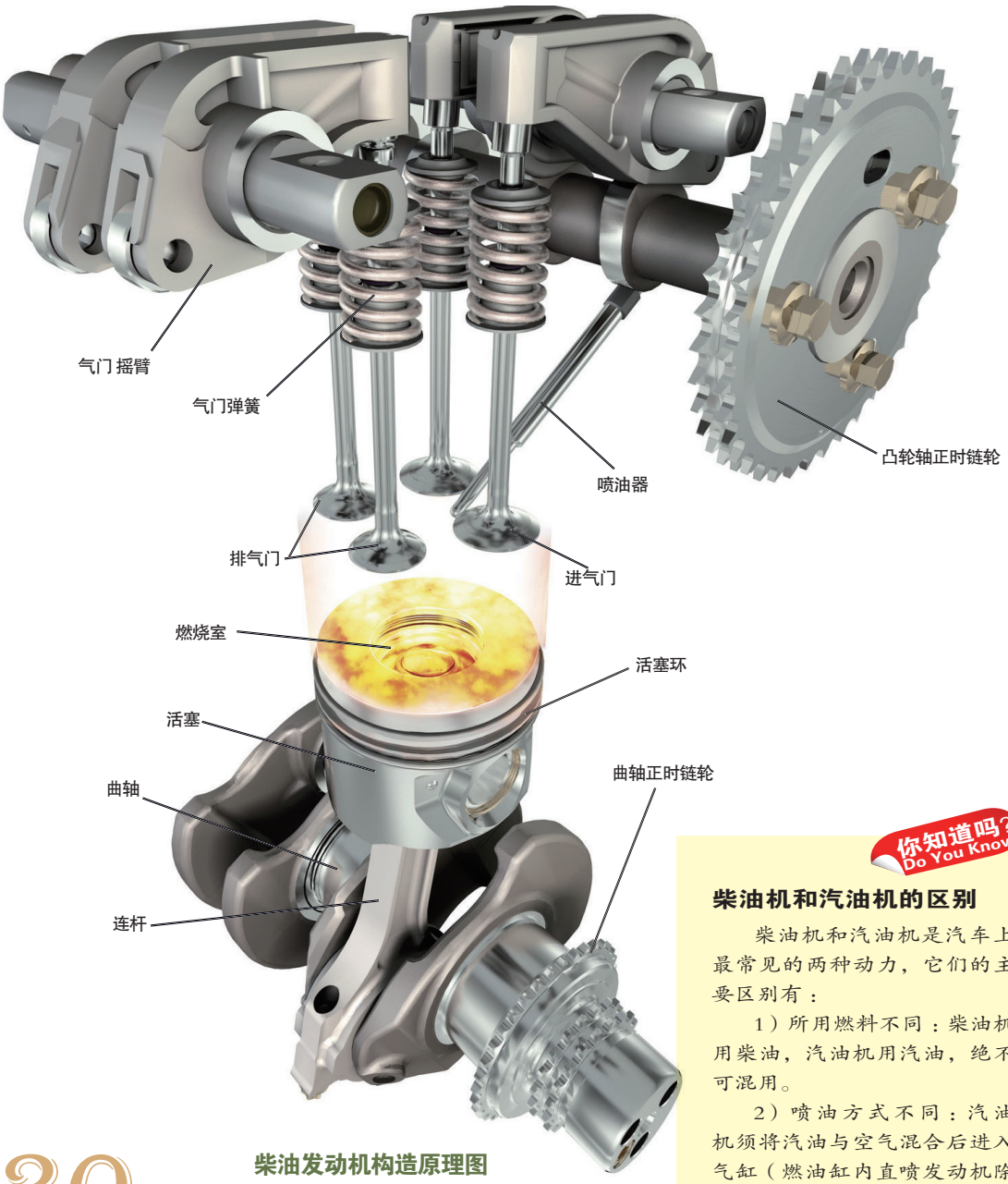
V1:V2= 压缩比

V1—V2= 排气量

气缸排气量及压缩比计算示意图



雪佛兰克尔维特V6发动机构造图



柴油发动机构造原理图

30 柴油机为何不用火花塞?

柴油发动机也称“压燃式内燃机”，它是以柴油为燃料的内燃机。进入柴油发动机气缸内的空气，被活塞压缩后温度便会上升，如果其温度上升到柴油的燃点时，用喷油器将柴油喷成雾状射入气缸中，柴油与灼热的空气相遇，即自行着火燃烧。燃烧所产生的高温高压燃气，在气缸内膨胀，推动活塞做功。因此，柴油机没有点火线圈，没有火花塞，也没有分电器等点火系统部件。

你知道吗? Do You Know

柴油机和汽油机的区别

柴油机和汽油机是汽车上最常见的两种动力，它们的主要区别有：

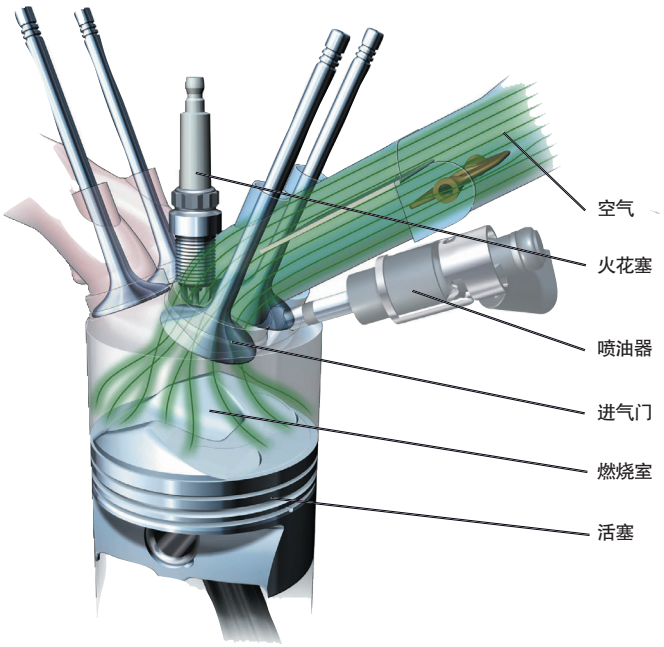
1）所用燃料不同：柴油机用柴油，汽油机用汽油，绝不可混用。

2）喷油方式不同：汽油机须将汽油与空气混合后进入气缸（燃油缸内直喷发动机除外），而柴油机是将柴油喷入已充满压缩空气的气缸。

3）点火方式不同：汽油机用火花塞点燃混合气，而柴油机是压缩自燃点火。

4）压缩比不同：汽油机压缩比没有柴油机大。

5）燃油消耗不同：由于柴油机可实现高压缩比，它的膨胀比和热效率高，因此柴油机的燃油消耗比汽油机要低。



燃油缸内直喷原理示意图

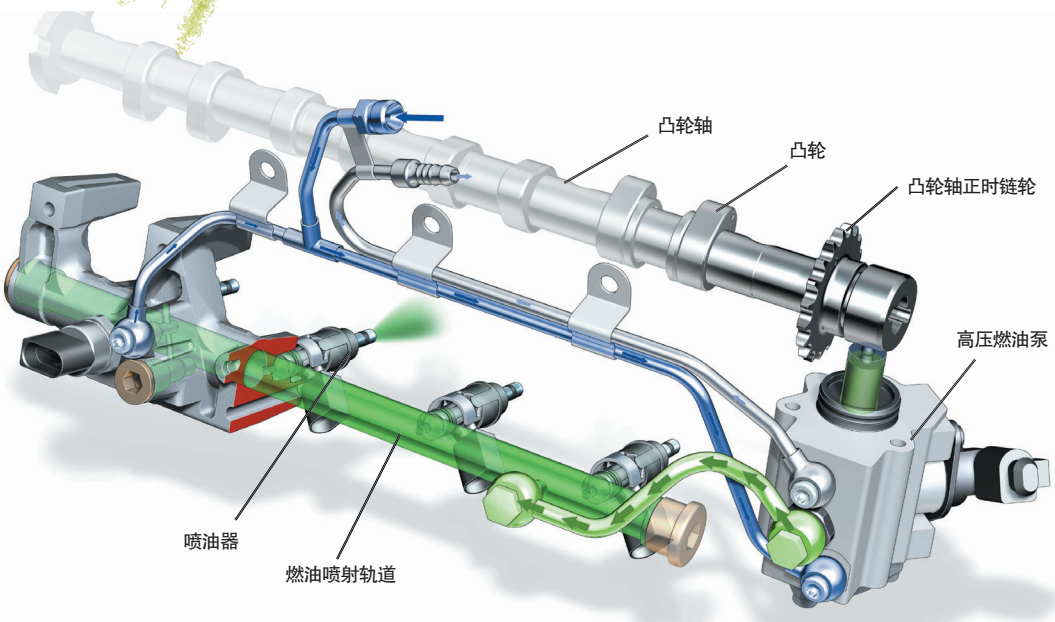
喷油器

31

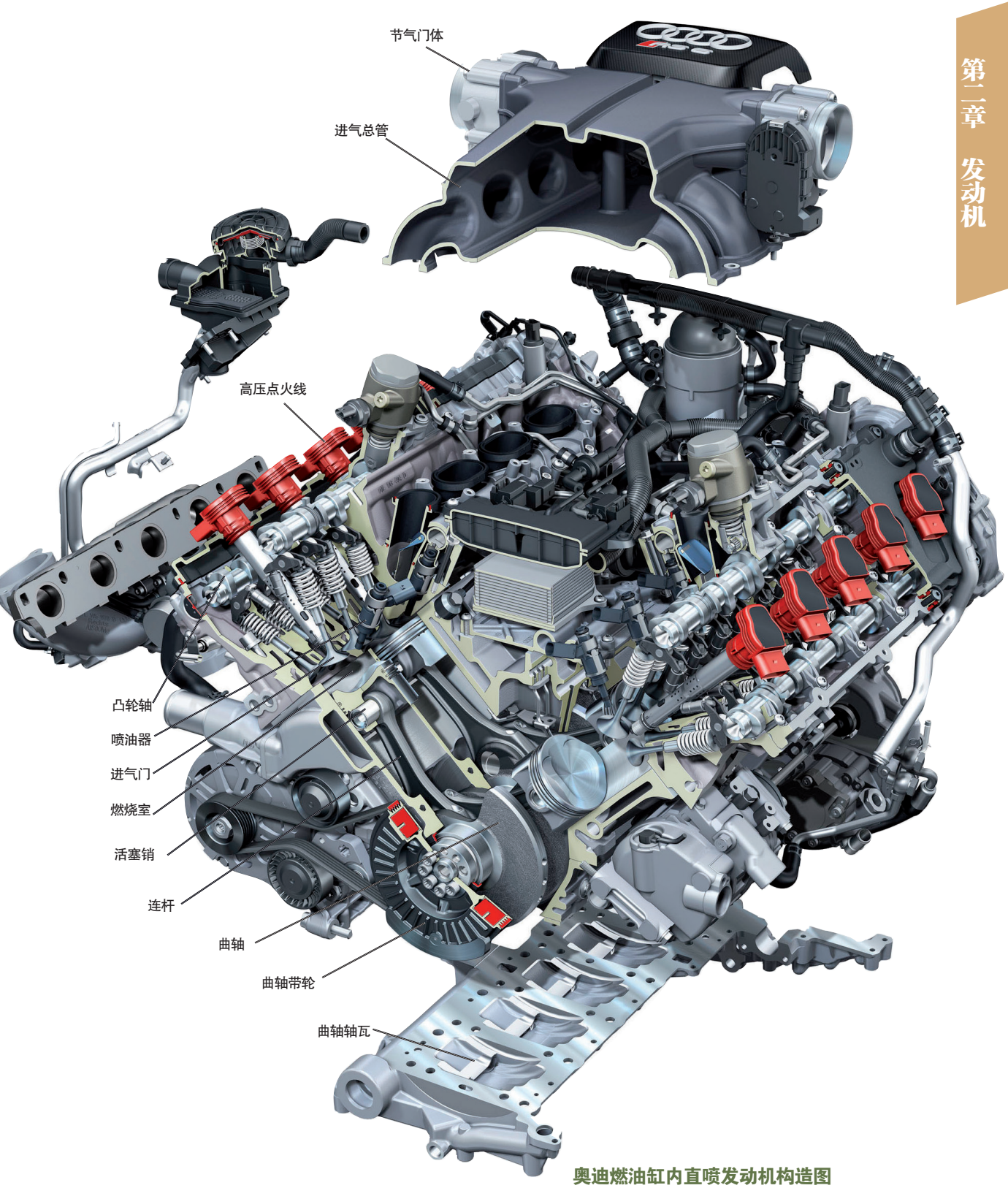
燃油缸内直喷优势何在?

传统的发动机采用的是将燃油喷入进气道中，和空气在进气道中混合后，以可燃混合气的形式被吸入燃烧室。而燃油缸内直喷技术则是将汽油直接喷射入燃烧室，通过均匀燃烧和分层燃烧，使燃烧更完全、更充分、更准确，可降低燃油消耗，提高动力性，从而达到了提高发动机整体效率的效果。

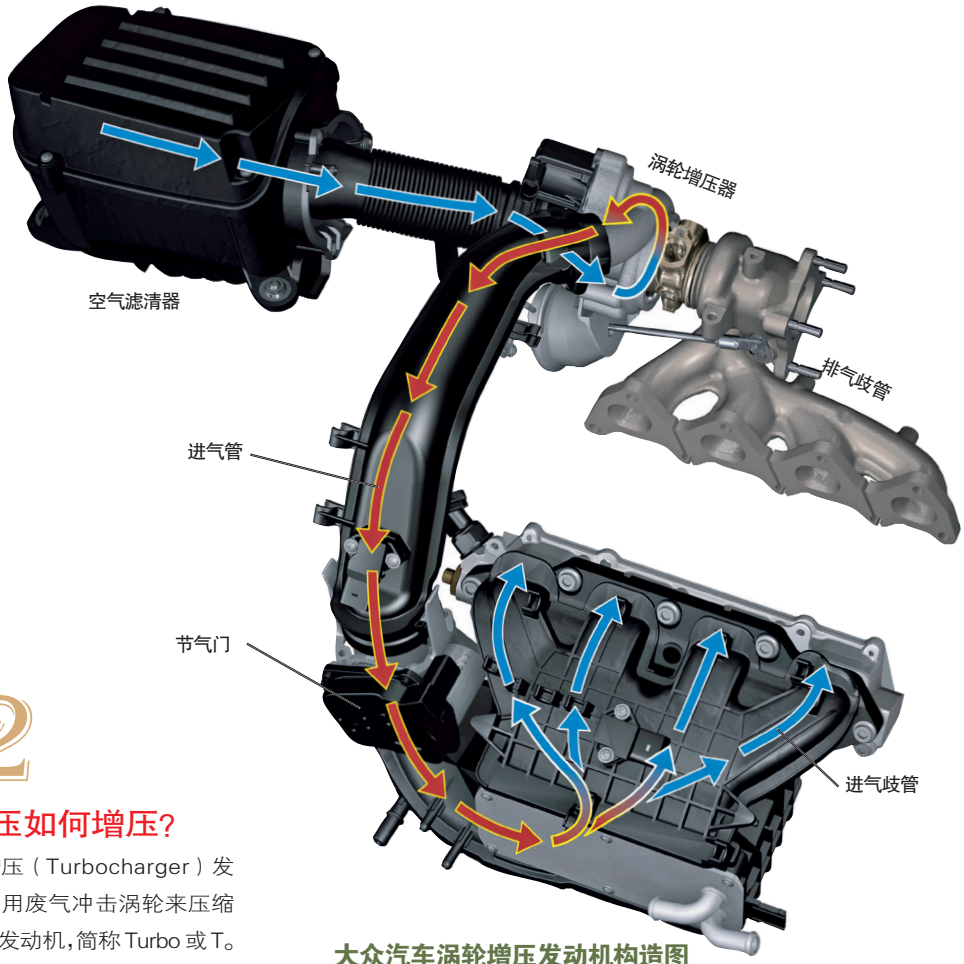
燃油缸内直喷的优势是可以根据吸入空气量精确地控制燃油的喷射量，使燃油与空气同步进入气缸并充分雾化混合，使符合理论空燃比的混合气均匀地充满燃烧室。充分的燃烧可使发动机动力得到淋漓尽致的发挥，在获得高动力输出的同时，保持较低的燃油消耗。



燃油缸内直喷发动机喷射系统构造图



奥迪燃油缸内直喷发动机构造图



大众汽车涡轮增压发动机构造图

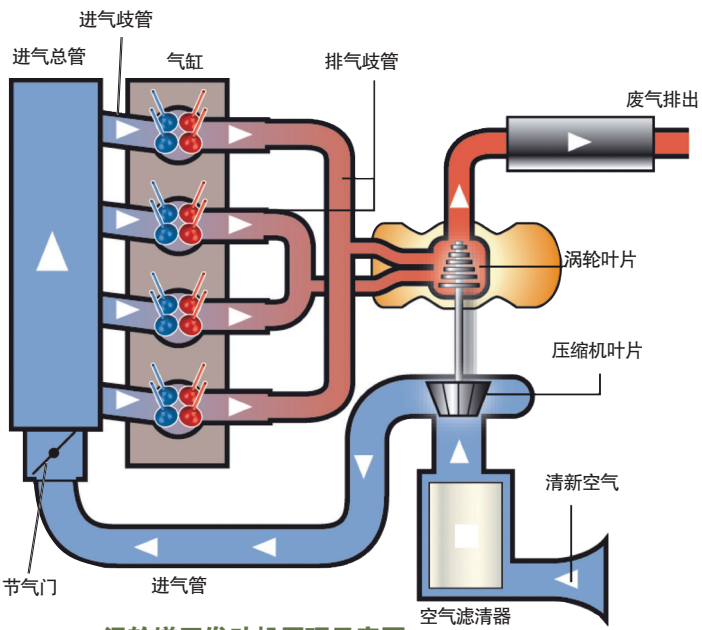
32

涡轮增压如何增压?

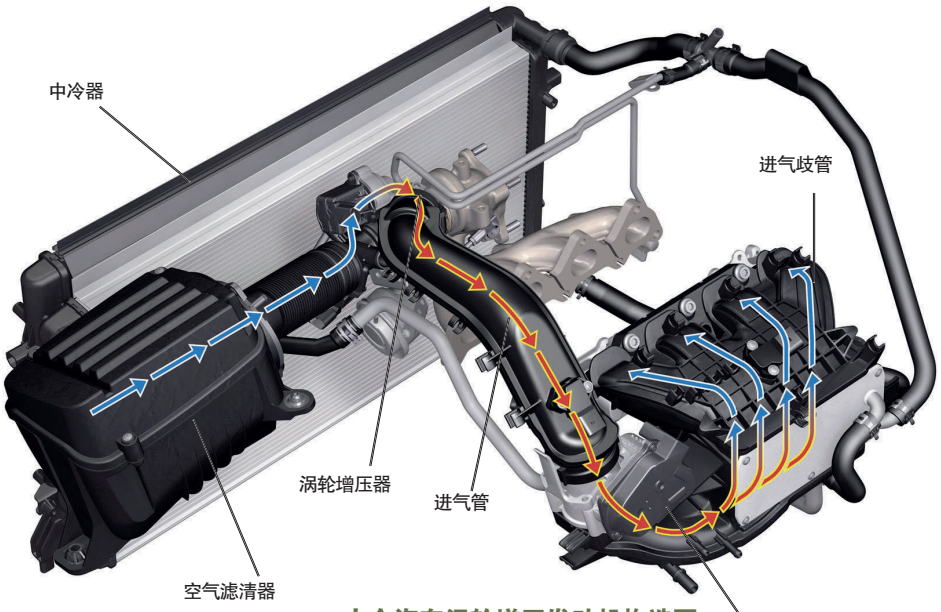
涡轮增压（Turbocharger）发动机是指利用废气冲击涡轮来压缩进气的增压发动机，简称 Turbo 或 T。如在一些轿车尾部看到 Turbo 或 T，即表明该车采用涡轮增压发动机。

这种发动机是利用发动机排放出废气的能量，冲击装在排气系统中的涡轮，使之高速旋转，通过一根转轴带动进气涡轮以同样的速度高速旋转使之压缩进气，并强制地将增压后的进气压送到气缸中。由于发动机功率与进气量成正比，因此可提高发动机功率。它利用的是发动机排出的废气，所以，整个增压过程基本不会消耗发动机本身的动力。

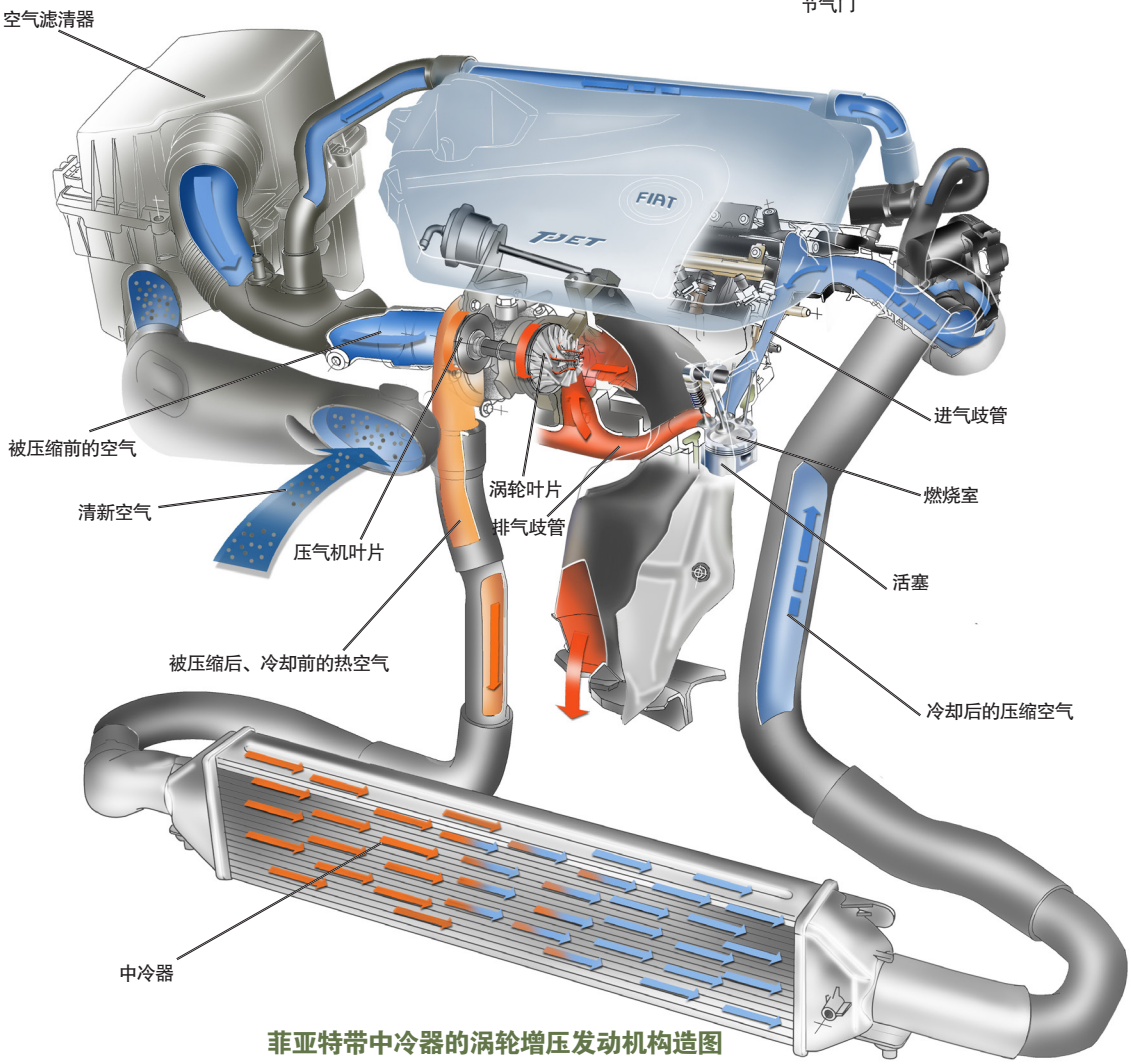
涡轮增压拥有良好的加速持续性，用通俗的话说就是后劲十足。而且最大转矩输出的转速范围宽广，转矩曲线平直，但低速时由于涡轮不能及时介入，从而导致动力性稍差。



涡轮增压发动机原理示意图



大众汽车涡轮增压发动机构造图



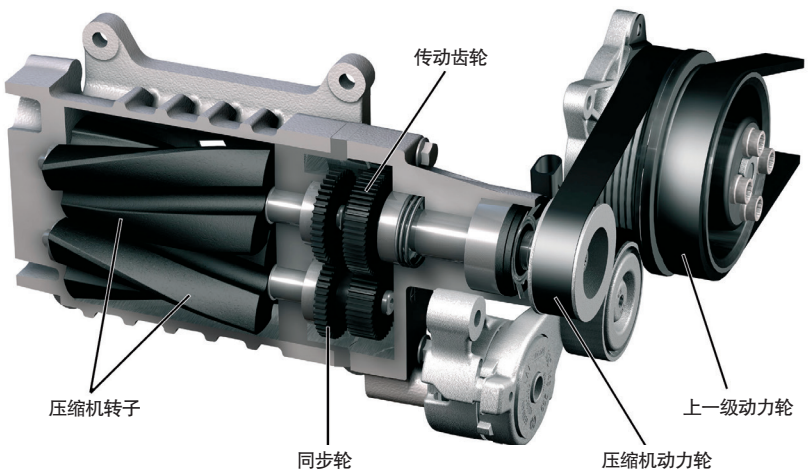
菲亚特带中冷器的涡轮增压发动机构造图

33

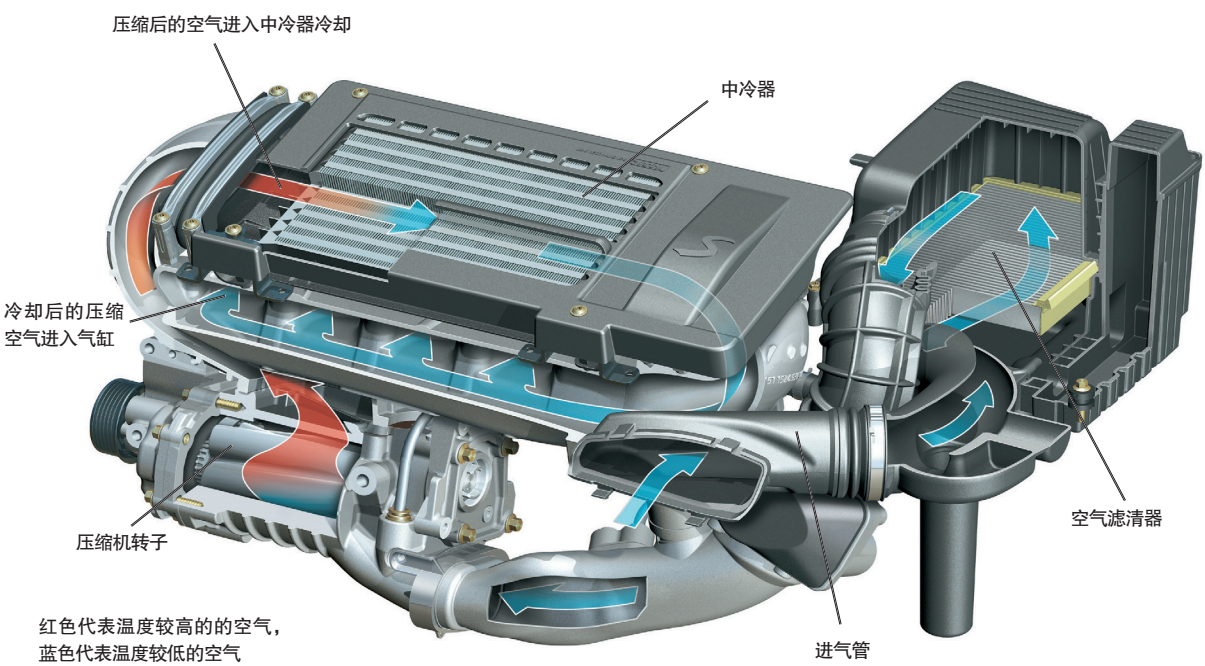
机械增压是什么原理?

与涡轮增压相比，机械增压（Supercharger）的原理则完全不同。它并不是依靠排出的废气能量来压缩空气，而是通过一个机械式的空气压缩机与曲轴相连，通过发动机曲轴的动力带动空气压缩机旋转来压缩空气。压缩机是通过两个转子的相对旋转来压缩空气的。正因为需要通过曲轴转动的能量来压缩空气，机械增压会对发动机输出的动力造成一定程度的损耗。

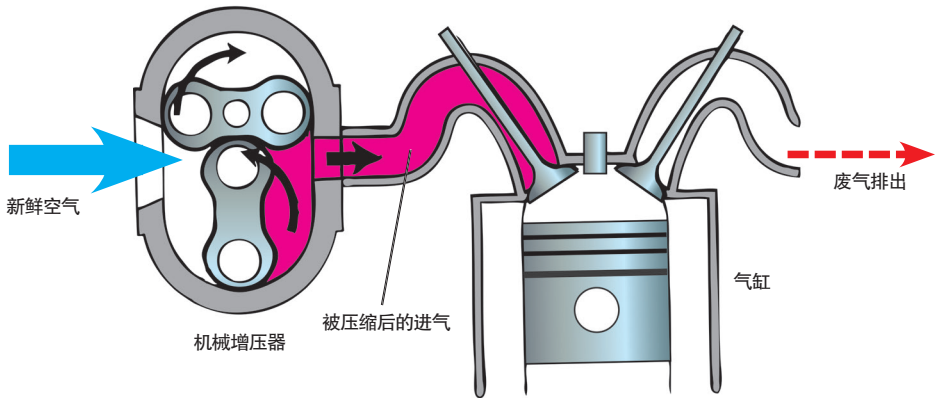
机械增压器的特性刚好与涡轮增压相反，由于机械增压器始终在“增压”，因此在发动机低转速时，其转矩输出就十分出色。另外，由于空气压缩量完全是按照发动机转速线性上升的，整个发动机运转过程与自然吸气发动机极为相似，加速十分线性，没有涡轮增压发动机在涡轮介入那一刻的唐突，也没有涡轮增压发动机的低速迟滞。但由于高转速时机械增压器对发动机动力的损耗巨大，因此在高转速时，其作用就不太明显。



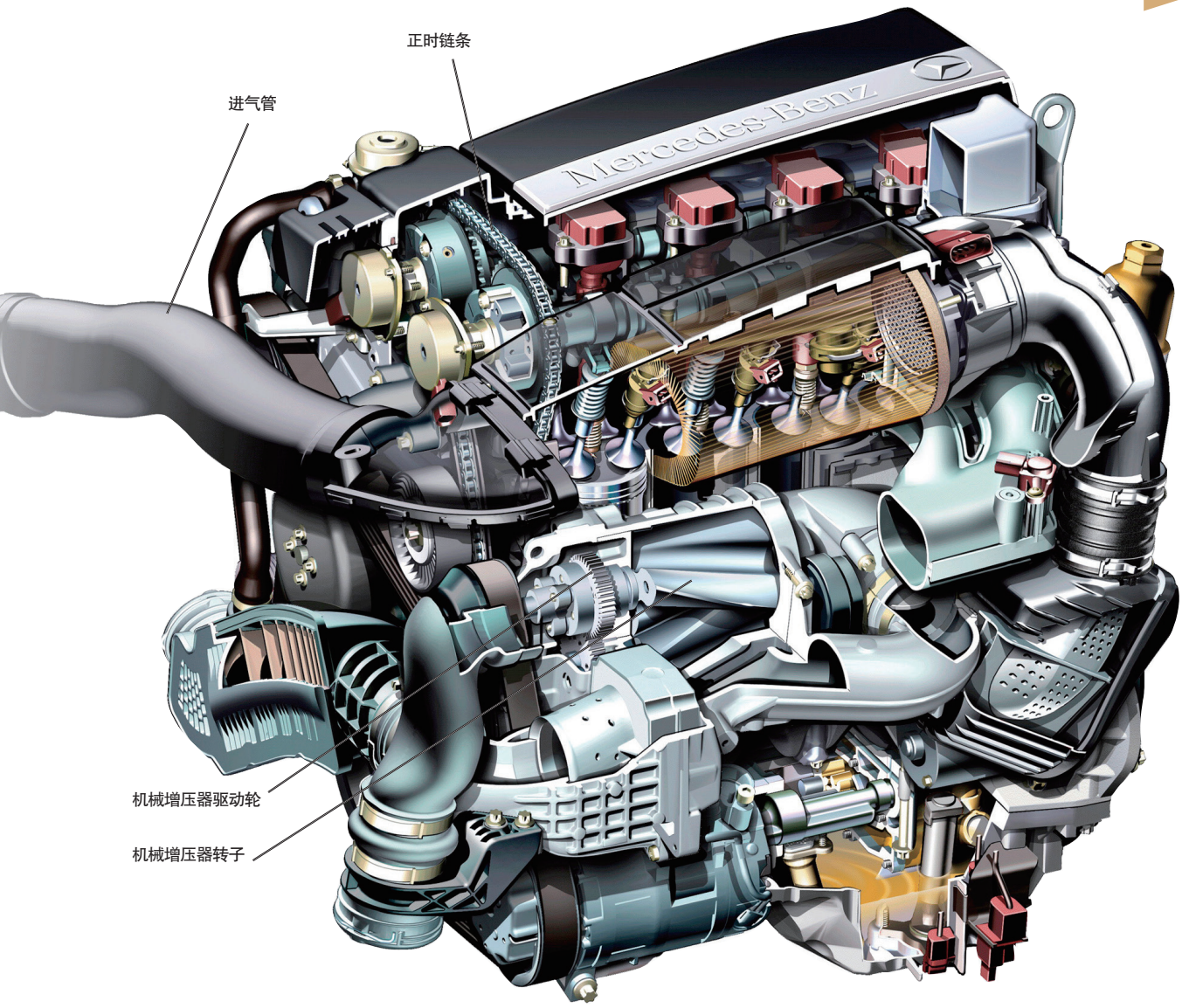
机械增压器构造图



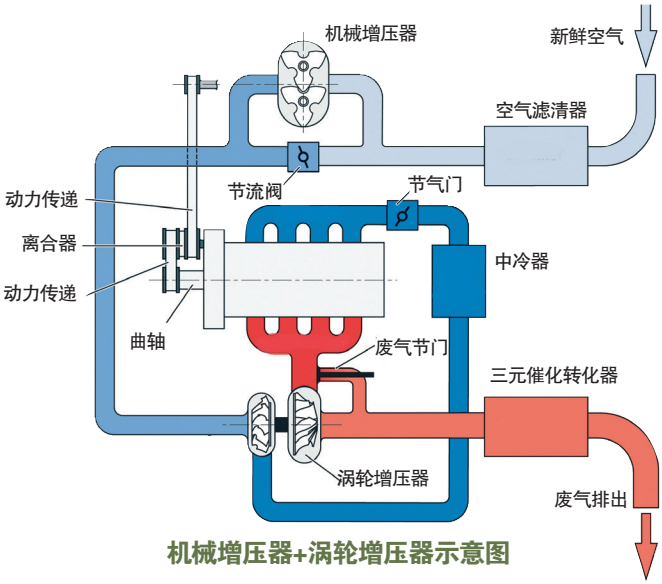
带中冷器的机械增压发动机进气示意图



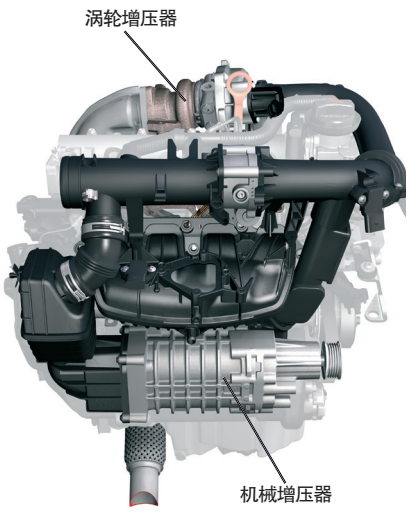
机械增压发动机工作原理示意图



梅赛德斯–奔驰机械增压发动机构造图



机械增压器+涡轮增压器示意图



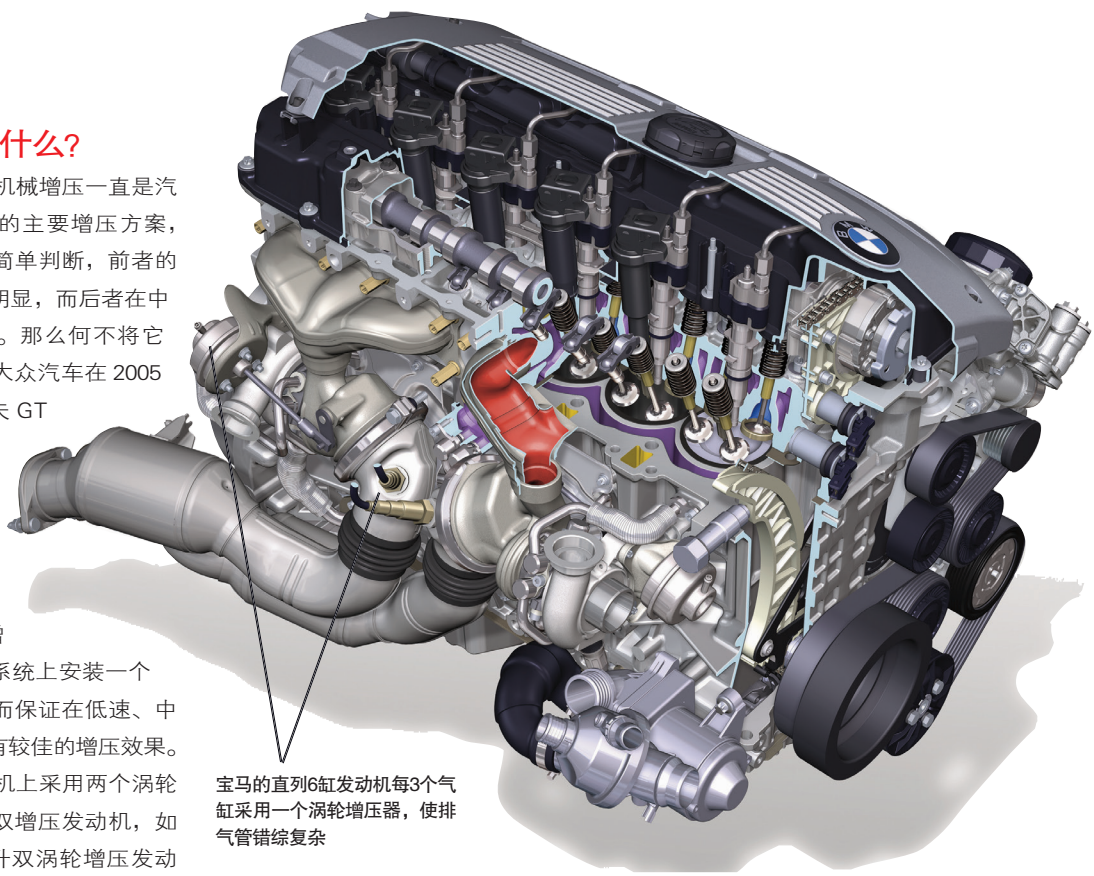
双增压发动机构造图

34

双增压器是什么?

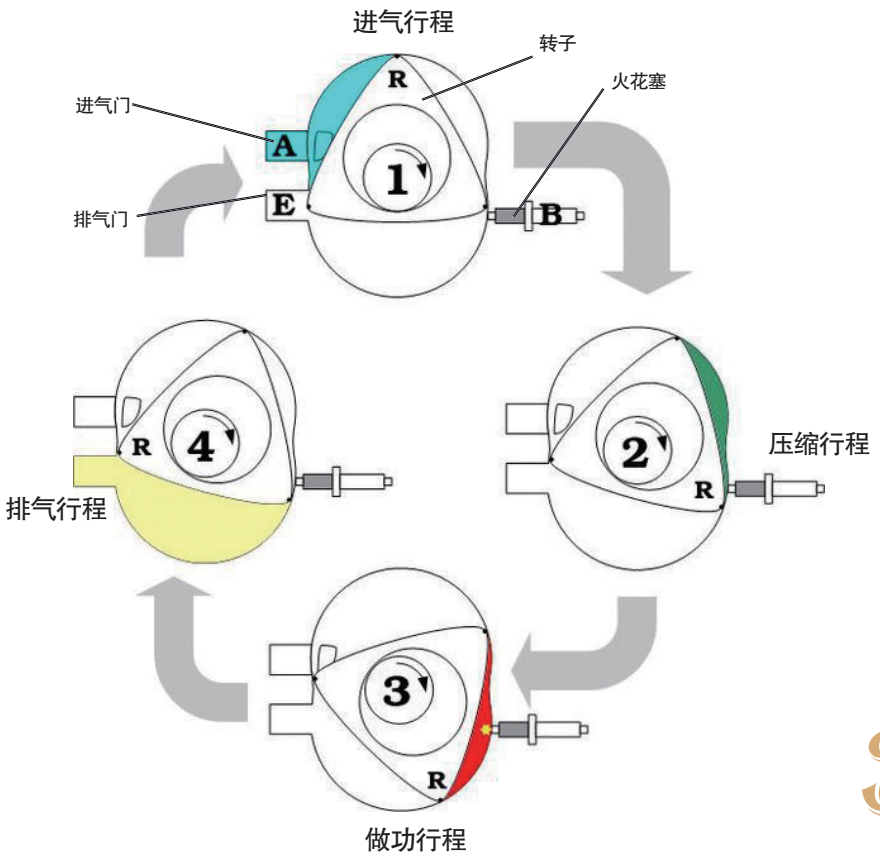
涡轮增压与机械增压一直是汽车厂家所能接纳的主要增压方案，两者的优劣无法简单判断，前者的作用在中高速时明显，而后者在中低速时作用更大。那么何不将它们兼而济之呢？大众汽车在 2005 年装备在高尔夫 GT 车上的 1.4 升 TSI 发动机就做出了这个惊人之举。这台双增压发动机在进气系统上安装一个机械增压器，而在排气系统上安装一个涡轮增压器，从而保证在低速、中速和高速时都能有较佳的增压效果。

在一台发动机上采用两个涡轮增压器，也称为双增压发动机，如右图的宝马 3.0 升双涡轮增压发动机，就是采用两个涡轮增压器。



宝马的直列6缸发动机每3个气缸采用一个涡轮增压器，使排气管错综复杂

宝马双涡轮增压发动机构造图

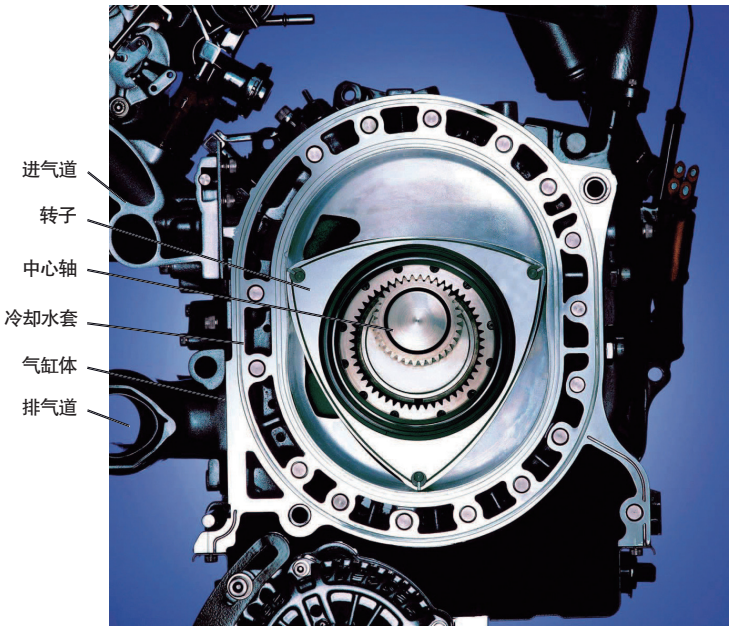


转子发动机工作原理图

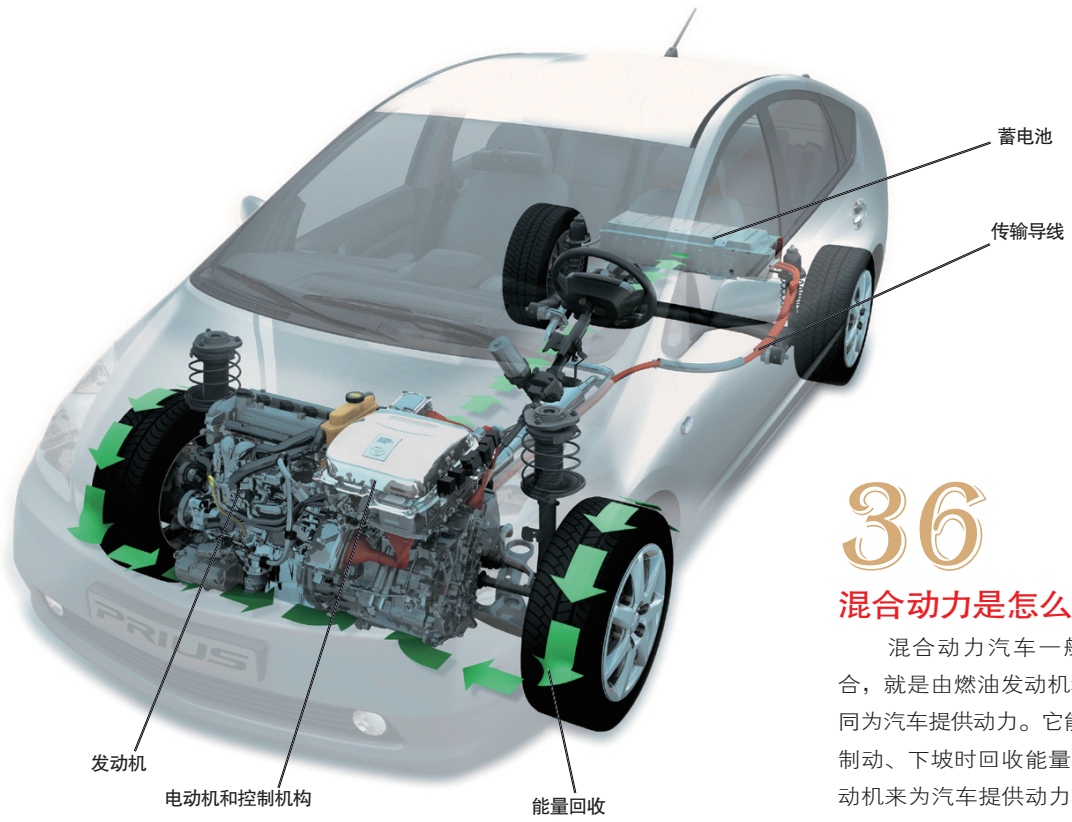
35 转子发动机是什么原理？

转子发动机又称活塞旋转式发动机。它是一种活塞在气缸内做旋转运动的内燃机。与转子发动机相对的就是我们常见的活塞往复式发动机，活塞做往复运动。转子发动机的活塞呈扁平三角形，气缸是一个扁盒子，活塞偏心地置于空腔中。当活塞在气缸内做行星运动时，工作室的容积随活塞转动做周期性的变化，从而完成进气—压缩—做功—排气四个行程。活塞每转一次，完成一次四行程工作循环。

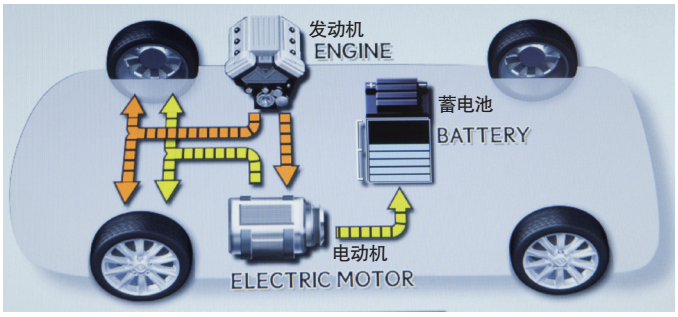
转子发动机主要部件构造简单、体积小、功率大、高速时运转平稳、性能较好，曾引起汽车行业的注意，许多汽车厂家纷纷进行研制试验。但经过几十年的实验，证明这种机型尚无法与传统活塞往复式发动机相匹敌，原因是燃油消耗极高。现在只有马自达 RX-8 在采用转子发动机。



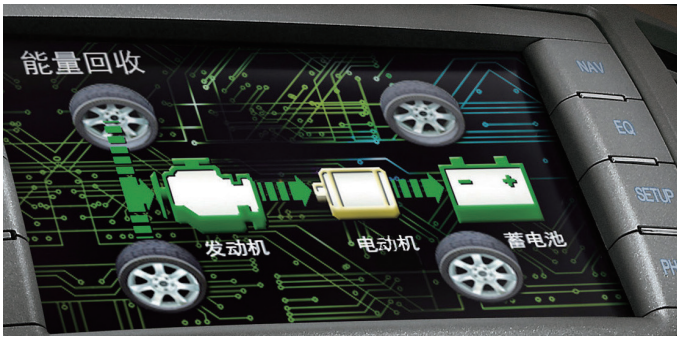
转子发动机构造图



丰田油电混合动力汽车原理图



强混合动力汽车



轻混合动力汽车

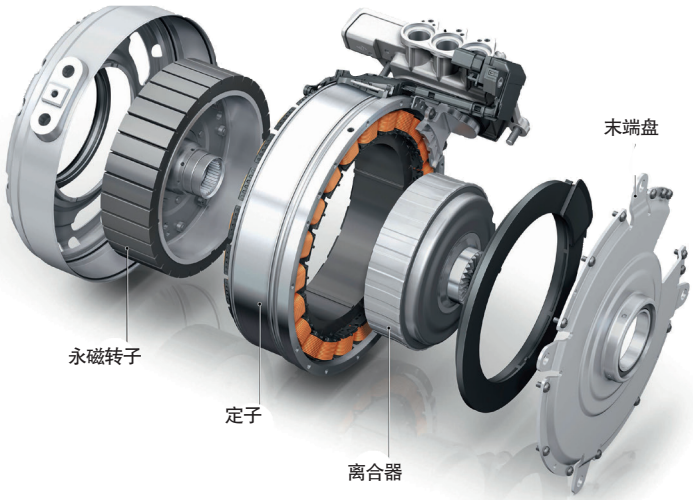
36

混合动力是怎么回事?

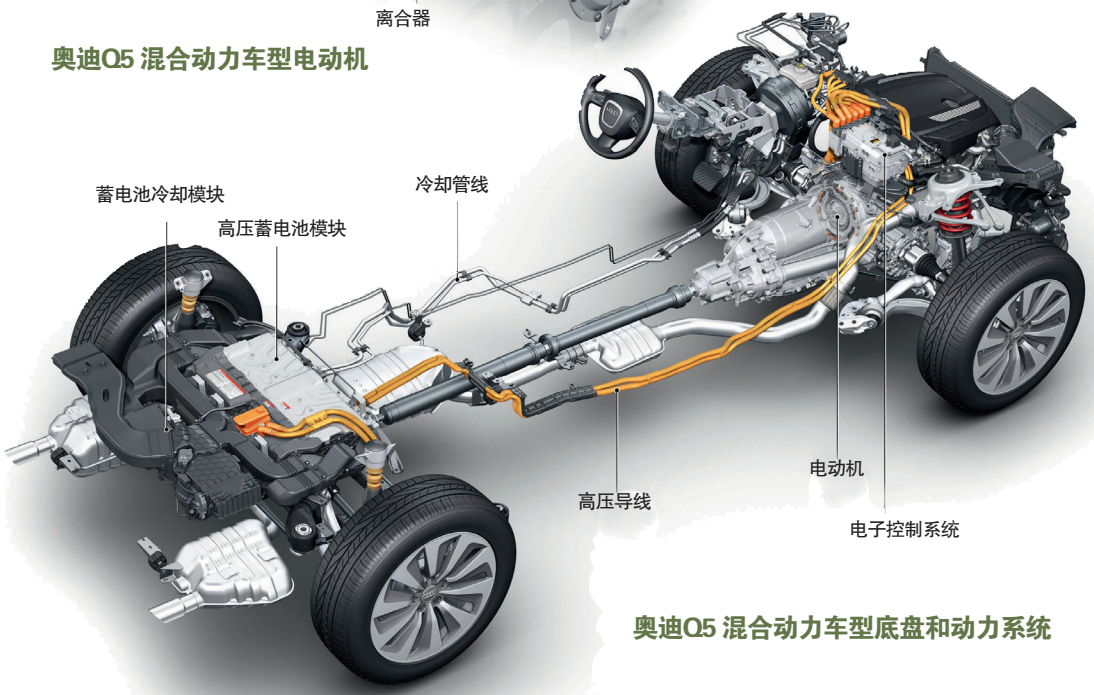
混合动力汽车一般为油电混合，就是由燃油发动机和电动机共同为汽车提供动力。它能利用减速、制动、下坡时回收能量，并通过电动机来为汽车提供动力，同时还可在短暂停车时，让燃油发动机熄火，因此它的燃油消耗较低。作为省油的代价是汽车价格较高。根据电动机所起作用大小，可分为强混合动力和轻混合动力。

强混合动力车采用大功率电动机，尽量缩小发动机的排量，在起步或低速时，可以单纯依靠电力行驶，但在路况、车辆载重、加速踏板深度等综合因素的影响下，发动机会随时介入工作。电动机除提供车轮所需的动力，也兼具备动能回收功能，当制动或减速时，就会自动将动能转为电能，储存到蓄电池中。

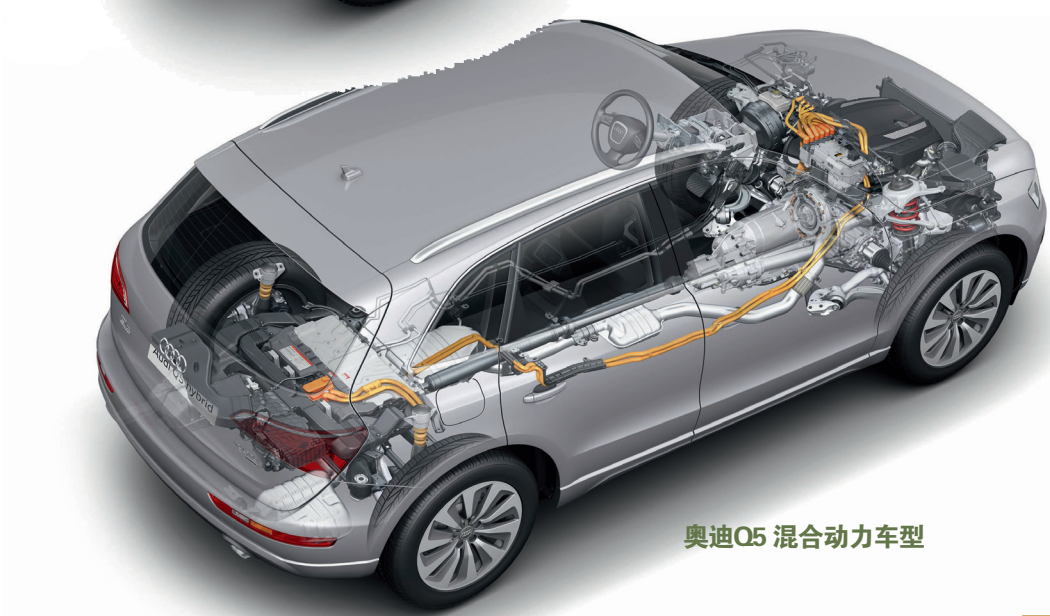
轻混合动力车的主动力是燃油发动机，电动机只作为辅助动力起作用，不能单独驱动车辆。最大的特点就是发动机能够在车辆停止时自动停止运转，并能在减速、制动时进行能量再生和回收，可用最低成本实现混合动力的最大效率。



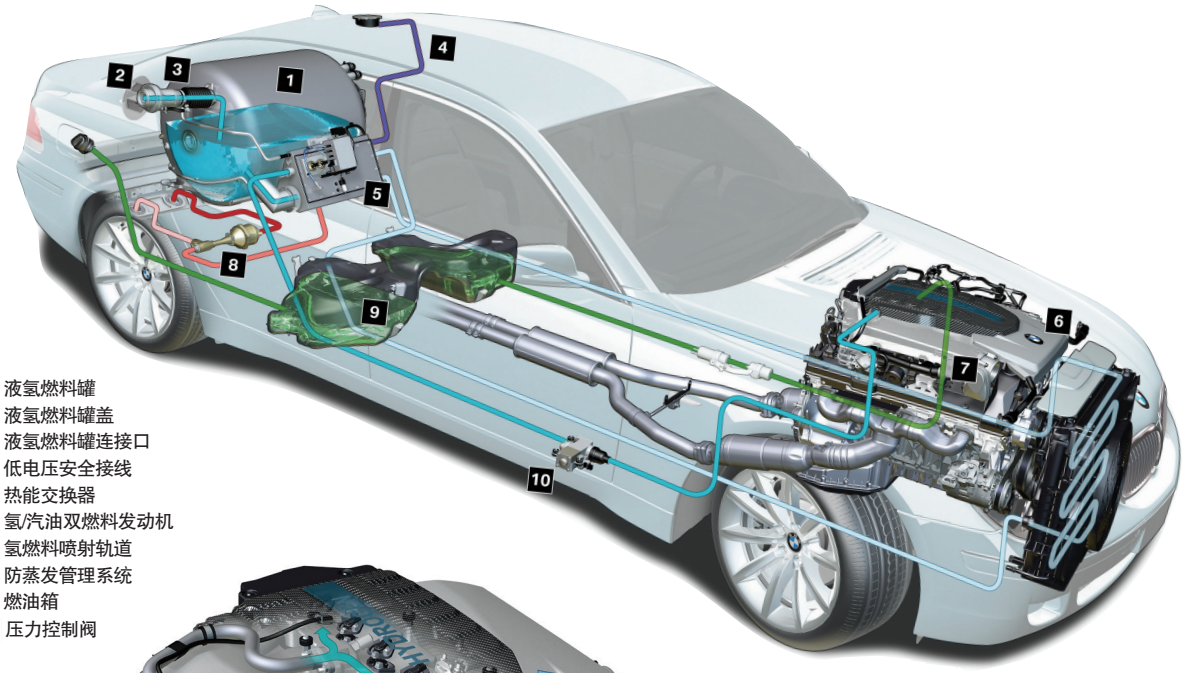
奥迪Q5 混合动力车型电动机



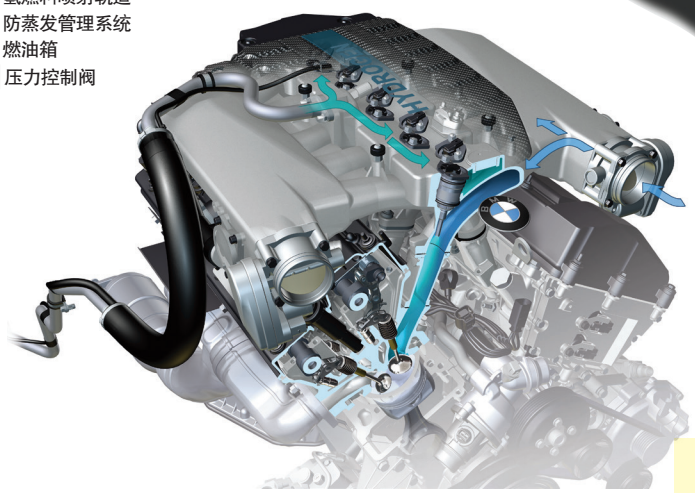
奥迪Q5 混合动力车型底盘和动力系统



奥迪Q5 混合动力车型



宝马氢动力汽车构造图



宝马双燃料发动机

37

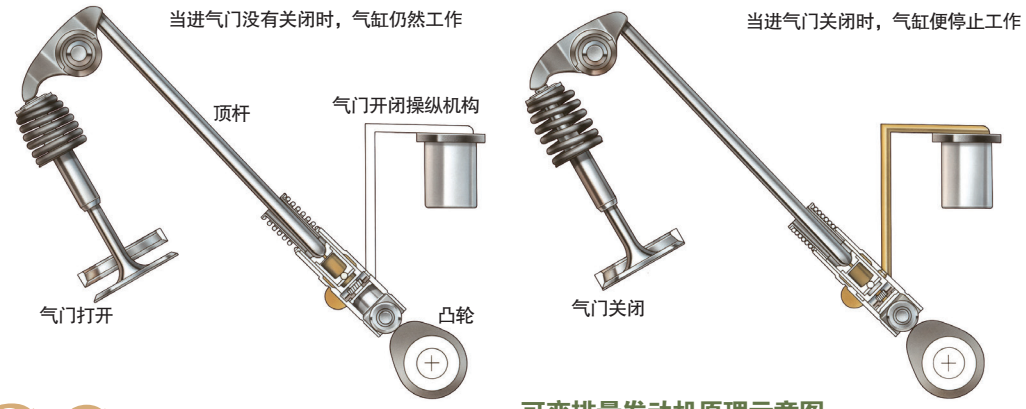
氢动力汽车如何工作?

宝马氢动力 7 系轿车装备了一台特别设计的 6.0 升 V12 发动机，既能使用汽油，也能使用液氢。它配有一个容量为 74 升的普通燃油箱外，还配有一个额外的燃料罐，可容纳约 8 千克的液态氢。双模驱动为氢动力 7 系提供了超过 700 公里的总行驶里程：氢驱动 200 公里以上；汽油驱动 500 公里。驾驶人可以通过多功能方向盘上一个单独的按钮，手动完成从氢动力到汽油动力模式的转换。如果一种燃料用尽，系统将会自动切换到另一种燃料形式，保证燃料的供应持续而可靠。

38

插电式混合动力是什么？

对于混合动力车型来说，发动机一直是处于强势地位，即使是强混合动力车上，相匹配的电动机只是起到辅助作用。车上的动力来源只能是到加油站去加油。能不能让电动机反客为主呢？不再依赖于加油站与汽柴油燃料，而是主要靠充电来完成能源补充，从而让电能成为车型的主要动力，这是插电式混合动力的研发思路。这种插电式混合动力汽车，甚至可以使用家用电源为其充电。虽然它仍是混合动力，但电能已占主导地位。

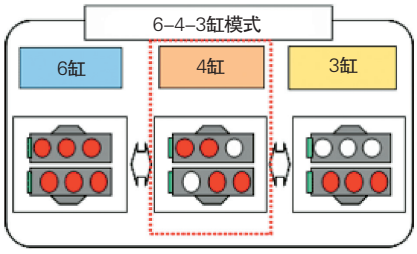


可变排量发动机原理示意图

39

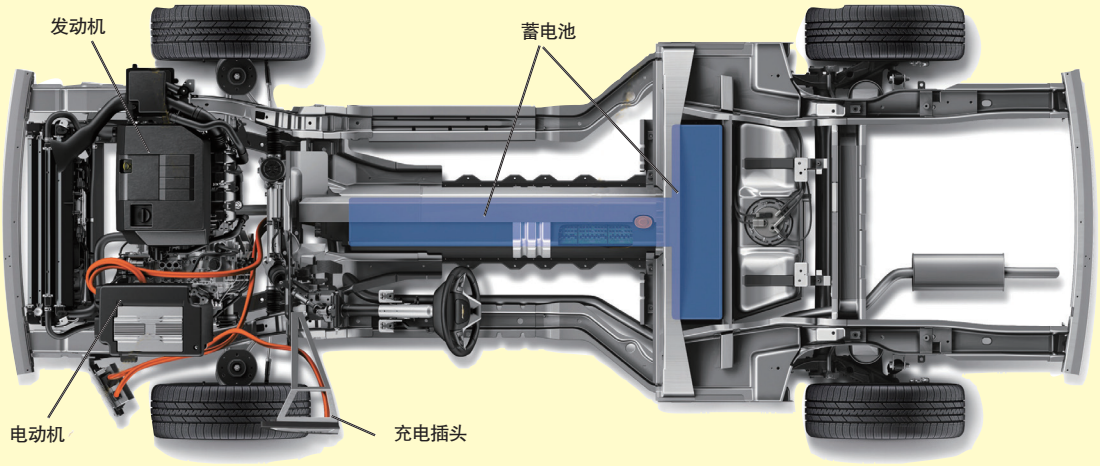
排量可变是怎么回事？

为了获得较大的动力，就得将发动机排量设计得非常大。然而这样做的后果则是燃油消耗也增加许多，尤其是在不需要这么大的动力时，其油耗浪费较为严重。排量可变技术则可解决这个问题。在不需要强大动力时，如在低速行驶、怠速停车等情况下，可将部分气缸停止工作，具体办法是关闭它的进气门和油路。当需要较大动力时，再恢复原来正常工作状态，而且这一切都是在驾驶人觉察不到的状态下自动完成的。

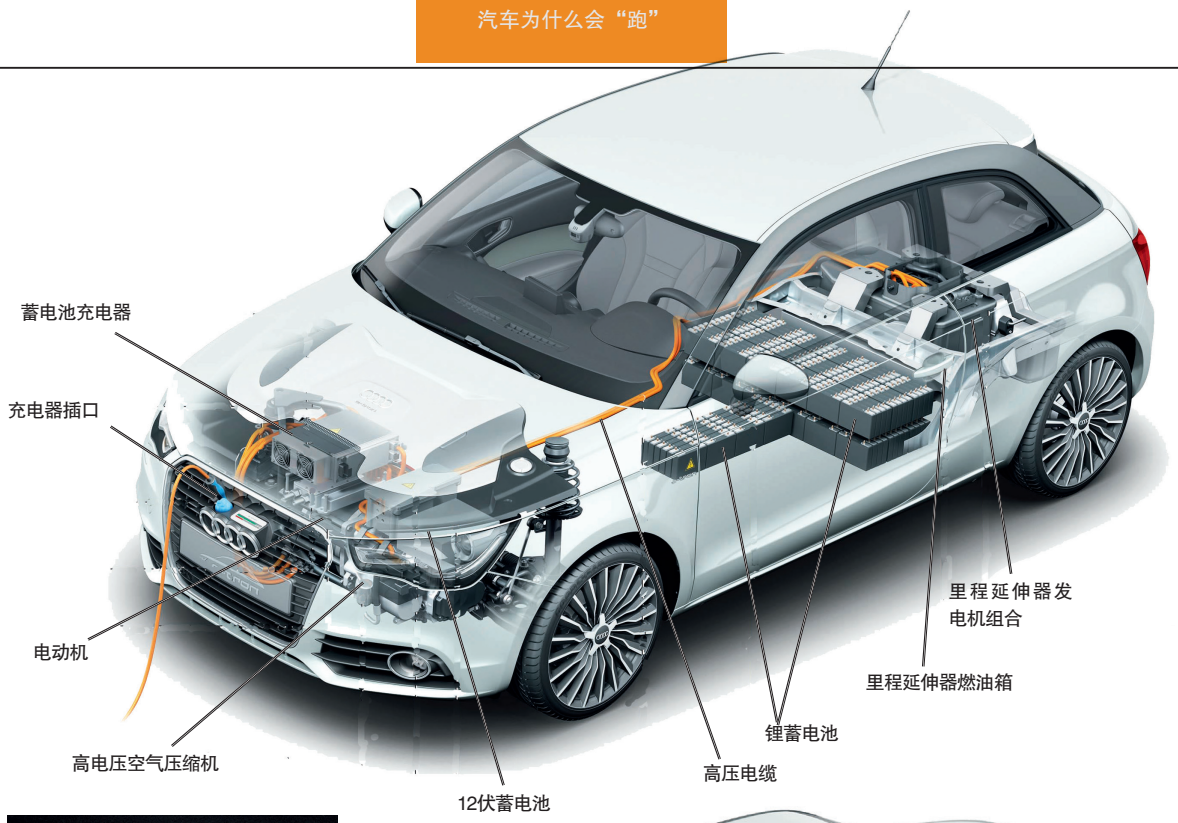


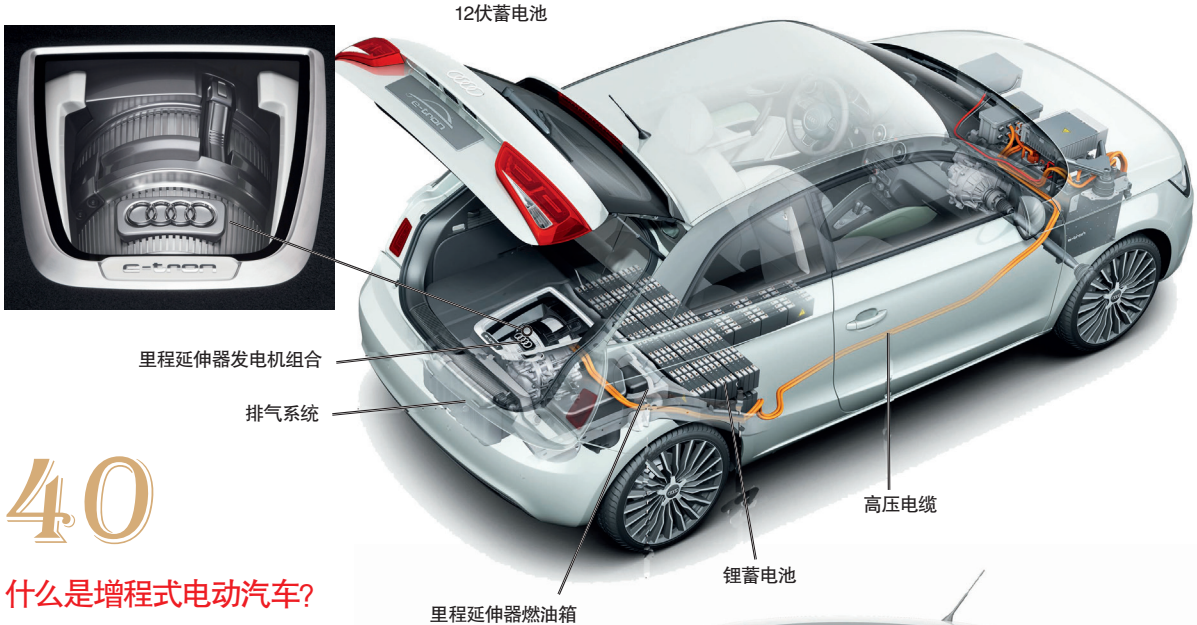
一台6缸可变排量发动机，根据行驶情况可以变为4缸或3缸发动机

可变排量发动机气缸变化示意图



插电式混合动力汽车构造图





40

什么是增程式电动汽车?

奥迪 A1 e–tron 增程式电动车完全依靠电力驱动，输出功率达 75 千瓦 (102 马力)，在市区的行驶里程可超过 50 公里。行驶过程中当蓄电池的电能耗尽时，可通过一个非常紧凑的增程式发动机来驱动发电机发电，从而能对蓄电池重新充电，可使 A1 e–tron 的行驶里程再增加 200 公里。A1 e–tron 百公里平均耗油量仅为 1.9 升。

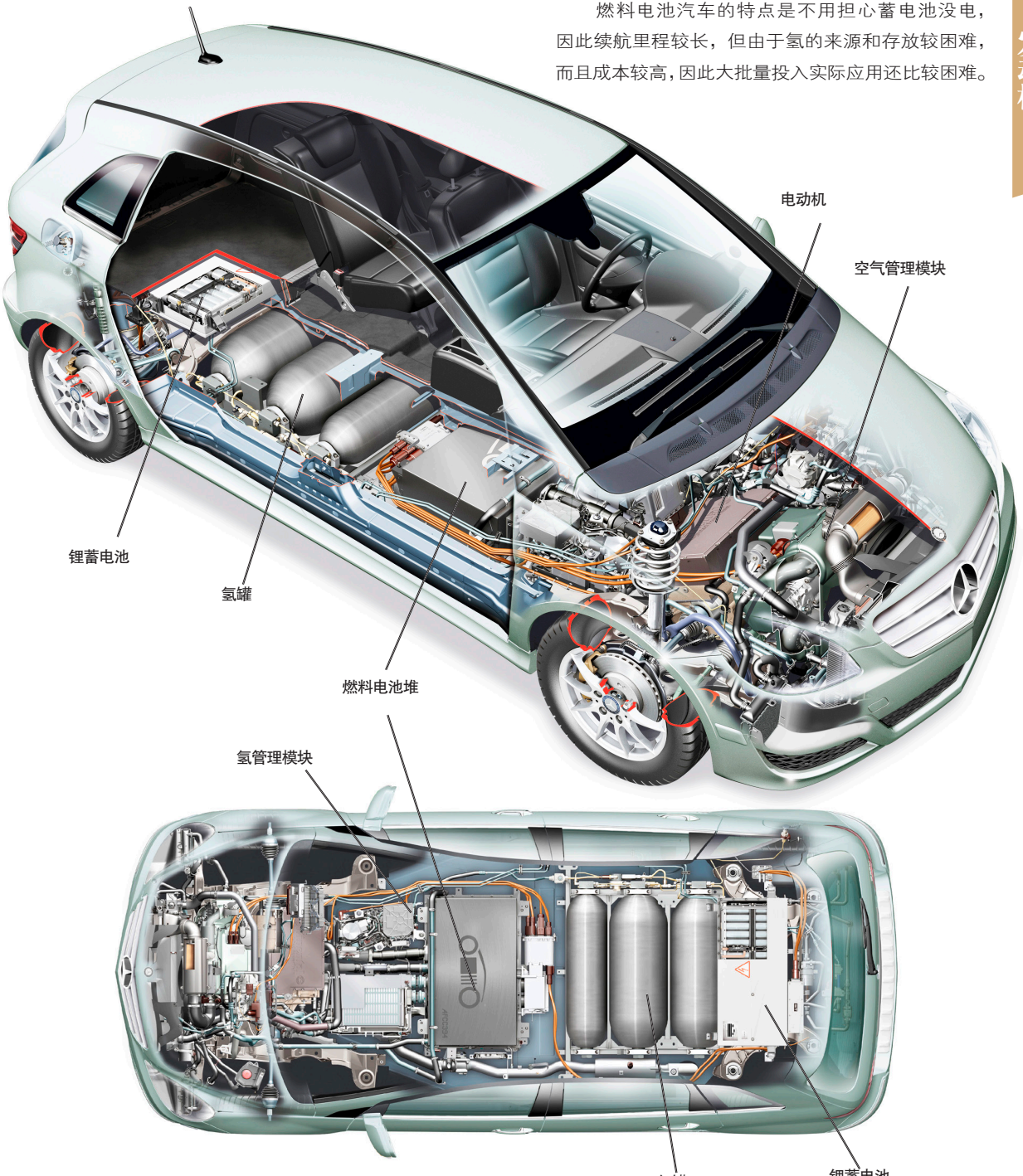
奥迪 A1 e–tron纯电动汽车

41 燃料电池汽车的工作原理是什么?

首先，燃料电池汽车属于电动汽车的一种，它没有燃油发动机，只依靠电动机来驱动汽车前进。

其次，与充电式电动汽车不同的是，它的电力来自它自身的燃料电池反应堆，利用车载氢罐中的氢进行“发电”，然后向电动机提供电源。

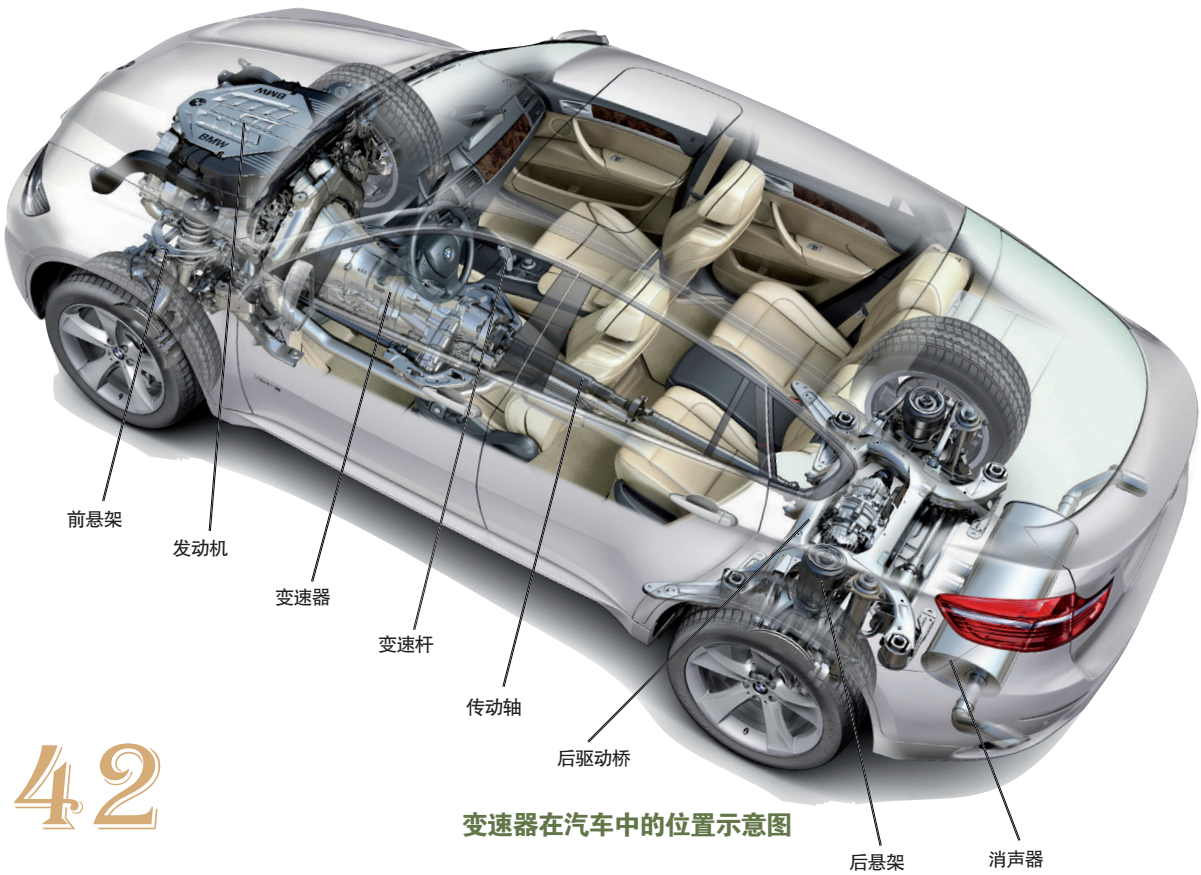
燃料电池汽车的特点是不用担心蓄电池没电，因此续航里程较长，但由于氢的来源和存放较困难，而且成本较高，因此大批量投入实际应用还比较困难。



梅赛德斯–奔驰B级燃料电池汽车构造图

第三章 Transmission 变速器

没有变速器，汽车也能走，
但只能以一个速度前进，不能减速和加速，
甚至一个小坡就能让汽车望而却步。
变速器发展至今，种类繁多，
手动、自动、无级、手自一体、自动离合、双离合，
看着就有点晕，但它们的变速原理，其实差不多。



42

变速器在汽车中的位置示意图

汽车没有变速器会怎样?

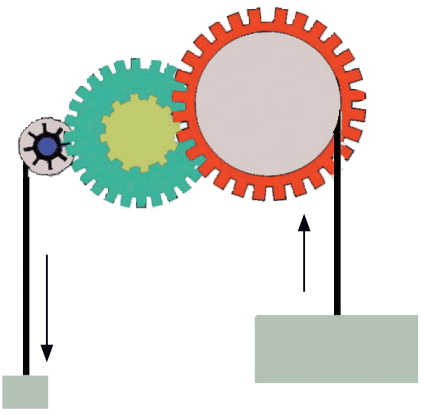
一旦发动机制造出来后，其排量大小是不变的，可燃混合气的成分也基本不变，因此，发动机输出的转矩变化范围较小，但汽车在起步和上坡时，需要较大的转矩；而在平坦路面上高速行驶时，则只需较小的转矩。假如将发动机与驱动轮直接作用，那就是对应发动机的最高转速，很高且不变的车速十分不现实，而且有可能因为相应的牵引力太小，如果不把发动机输出的动力进行调整，你可能无法起步、上坡或高速行驶。

为解决这种矛盾，必须使传动系统具有减速增矩作用（简称减速作用），使驱动轮的转速大大低于发动机转速，驱动轮因此所得到的转矩则可增大到发动机转矩的若干倍。

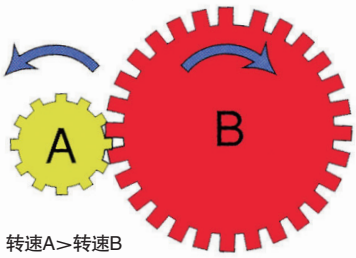
如果骑过变速自行车，就会对变速器有更深刻的理解。当骑车上坡时，如果换上大齿轮，就会感觉比较省劲，虽然车速较慢，但比较省力；在平坦道路上，如果换上小齿轮，则用相同的劲就会让自行车达到较高的车速。起步时也一样，必须挂低速档、用大力量才能起步。如果一上来就挂高速档，起步就很困难。

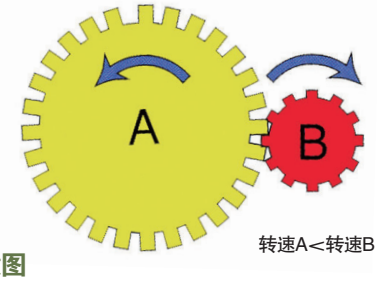
变速器的作用就是扩大汽车驱动转矩和转速的变化范围，当起步、上坡需要较大转矩时，它使用低速档，可以实现大转矩、低车速；当需要提高汽车速度时，它使用高速档，可实现小转矩、高车速。

利用齿轮原理，可以用较轻的物体提升较重的物体。汽车发动机输出的转矩较小，但通过变速器后却能推动体重较大的汽车



利用齿轮原理，可以将较大的转速转变为较小的转速，也可以将较大的转速转变为较小的转速





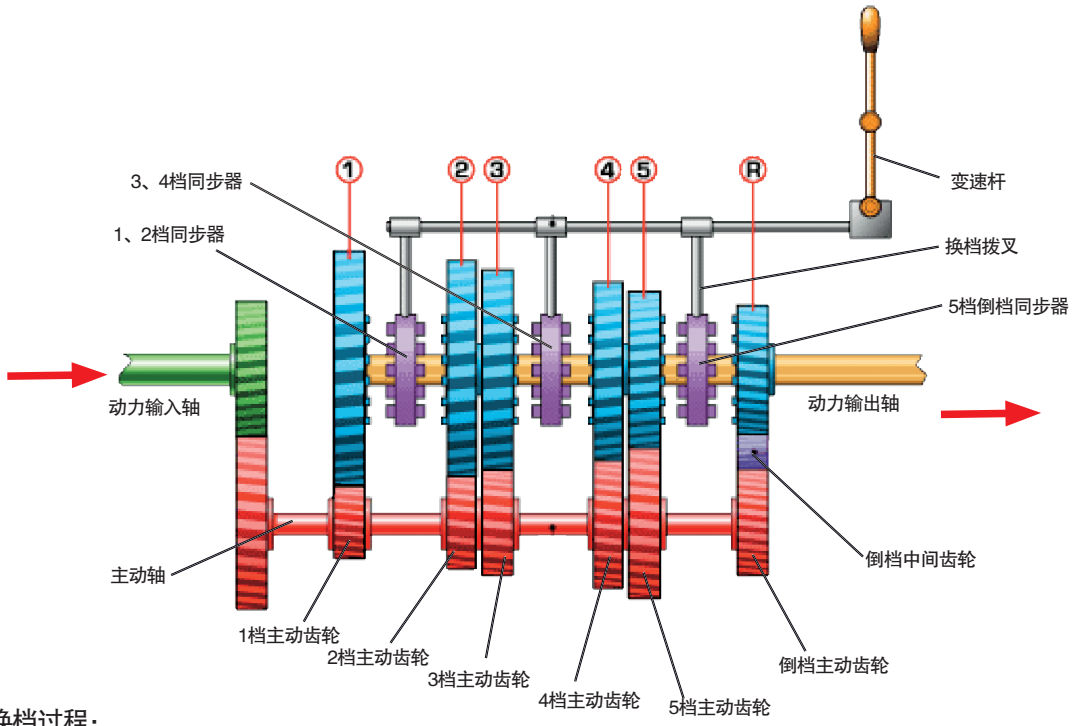
变速器工作原理示意图

43 变速器为何能变速?

为什么变速器能调整发动机输出的转矩和转速？这里蕴含着一个齿轮与杠杆的原理。过去工人在搬运大件物品时，常用一种称为“葫芦”的工具，它就是利用多个大小不等的齿轮组合在一起，只用较小的力量，就可将非常重的物件提升起来。利用齿轮组合，一只老鼠也能提起一只大象。其中道理就是我们在初中学过的滑轮和杠杆原理，用在变速器上就相当于转速和转矩的乘积相等，用低转矩可以换来高转速，用低转速则可换来高转矩。

44 变速器有哪些种类?

变速器	手动变速	手动变速器（MT）		有离合器踏板，齿轮变速，必须手动操作换档
		自动离合变速器（AMT）		无离合器踏板，齿轮变速，手动、自动均可操作换档
	自动变速	自动变速器（AT）	纯自动变速器	无离合器踏板，液力变矩器＋齿轮变速，无需手动操作换档
			手自一体变速器	无离合器踏板，液力变矩器＋齿轮变速，可自动换档，也可手动换档
		双离合变速器（DSG）	手自一体变速器	无离合器踏板，齿轮变速，可自动换档，也可手动换档
		无级变速器（CVT）	手自一体变速器	无离合器踏板，液力变矩器+金属带变速，可自动换档，也可手动换档



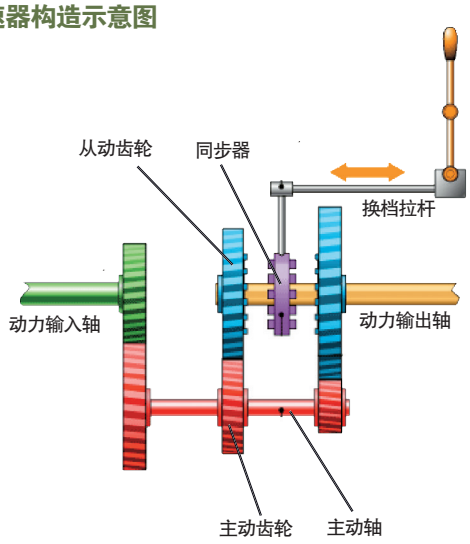
手动变速器构造示意图

换档过程：

当离合器接合时，不管是在空档或任何档位上，变速器中每个档位的主动齿轮（红色齿轮），以及每个档位的从动齿轮（蓝色部分），它们始终啮合在一起并按照各自的转速不停地旋转。但在空档时，各个档位的所有从动齿轮并没有和输出轴连接，此时输出轴是静止不转的。

当你挂上1档或其他前进档位时，实际上是将1档或其他档位的从动齿轮通过同步器（或称犬牙啮合套）和输出轴接合起来共同旋转。当变换档位时，则是换成新档位的从动齿轮和输出轴接合并共同旋转。

倒档的主动齿轮和从动齿轮之间又“夹”了一个中间轮，这样就可使输出轴的旋转方向与其他档位相反。



手动变速器工作原理示意图

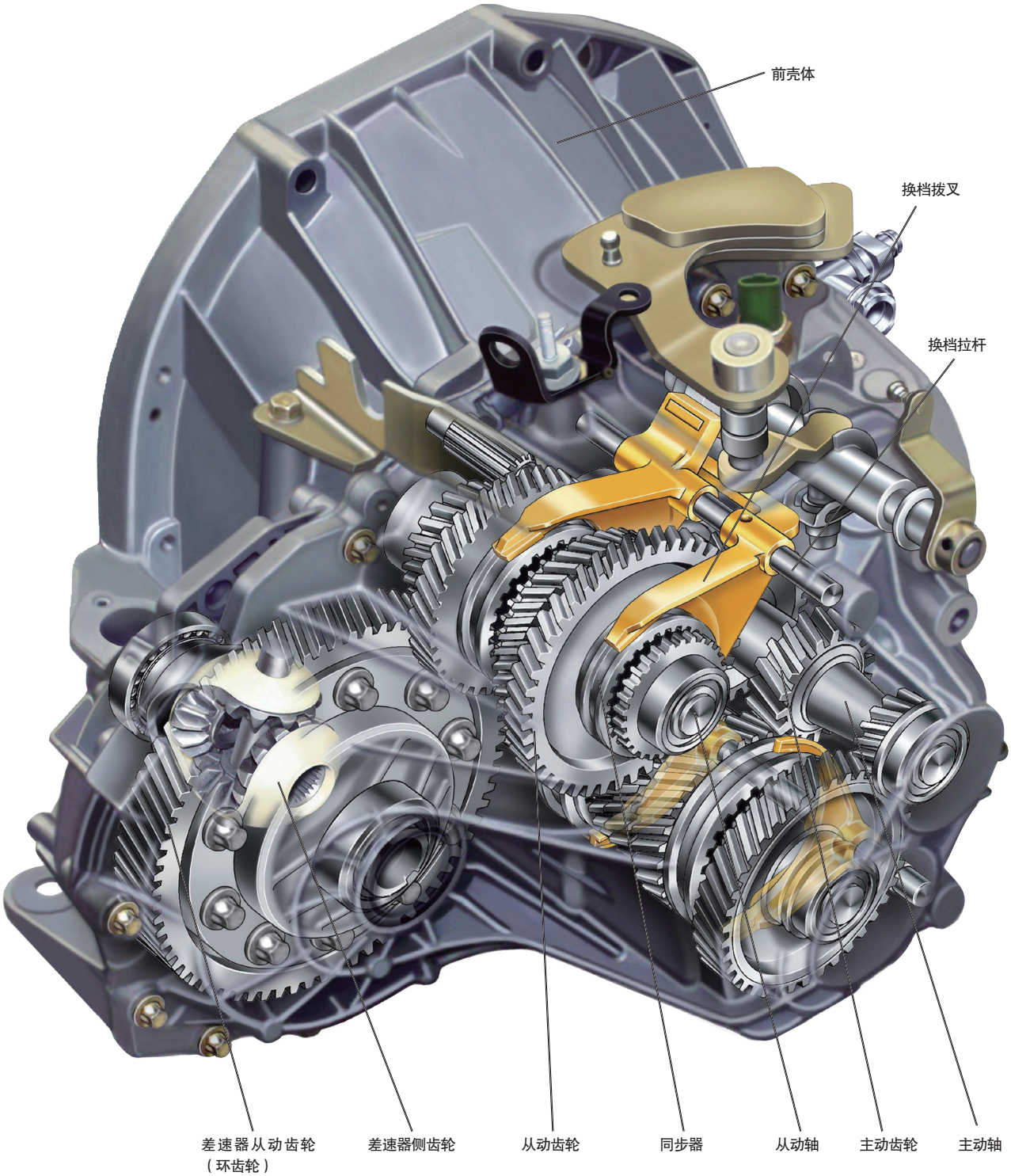
45

手动变速器如何变速?

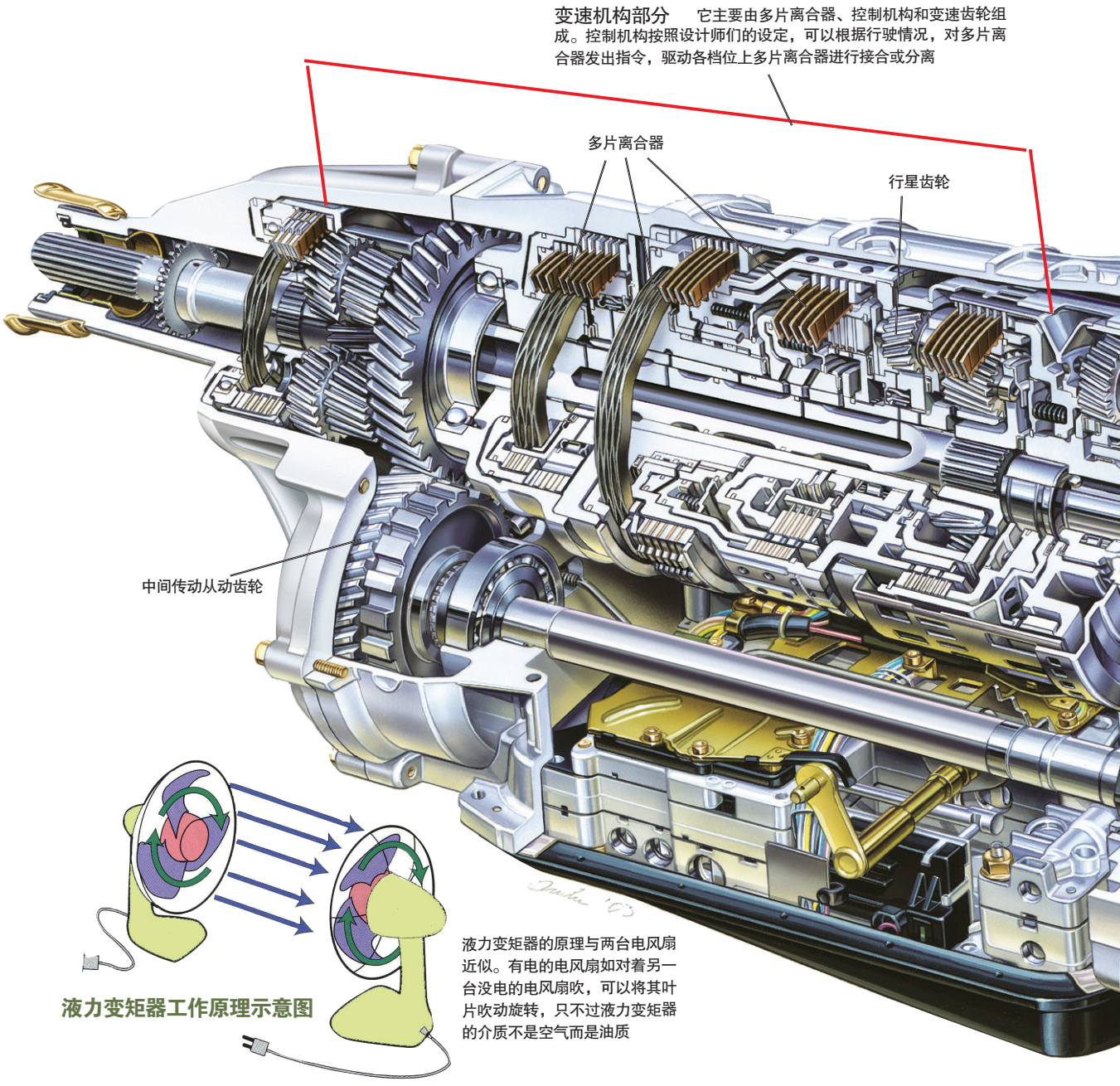
顾名思义，手动变速器（Manual Transmission，简称 MT）就是必须用手拨动变速杆（俗称档把），才能改变传动比的变速器。手动变速器在换档时，必须踩下离合器踏板，方可拨得动变速杆。

手动变速器的工作原理就是更换不同大小的被动齿轮来与动力输出轴接合，当降档时，实际上是将被动齿轮切换成了更大的齿轮，根据杠杆原理，此时变速器输出的转速就会相对降低，但转矩增大；反之，如果是升档，则实际上是被动齿轮切换为小齿轮，此时变速器输出的转速就会提高，但转矩会减小。

轿车手动变速器通常带同步器，这样可使换档方便、动力传递直接、动力响应迅速、比较省油、噪声也小。最常见的手动变速器多为 5 档位(5 个前进档、1 个倒档)，运动型轿车上也有 6 档位变速器。手动变速器的缺点是换档比较麻烦，手脚并用，容易产生驾驶疲劳。



手动变速器构造图



自动变速器构造图

液力变矩器工作原理示意图

液力变矩器的原理与两台电风扇近似。有电的电风扇如对着另一台没电的电风扇吹，可以将其叶片吹动旋转，只不过液力变矩器的介质不是空气而是油质

46

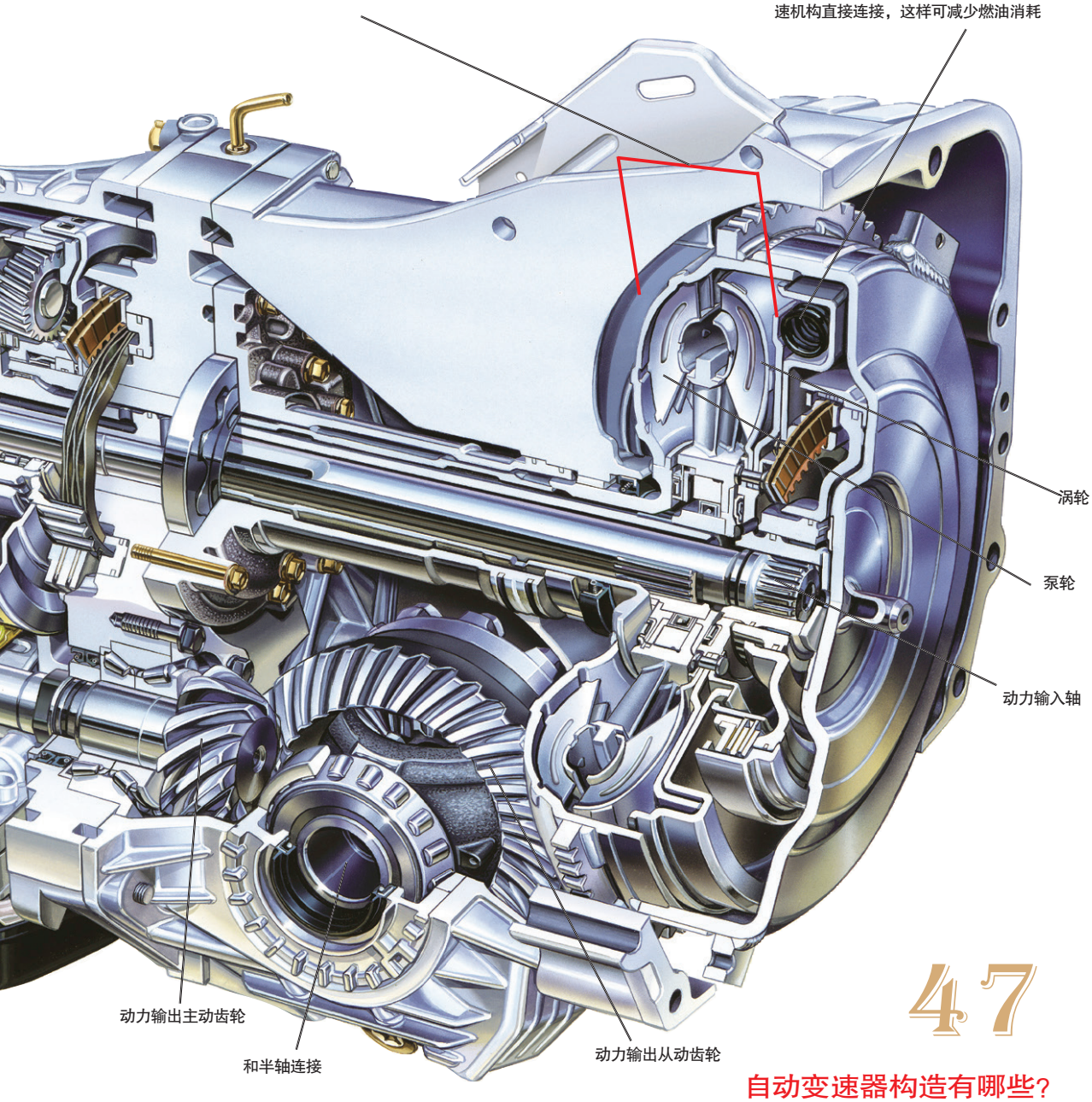
自动变速器中有两台电风扇?

自动变速器中关键部件之一为液力变矩器，它的原理相当于两台对吹的电风扇，当一台电风扇转动时，它的气流就会带动另一台电风扇跟着转动。只不过自动变速器中的液力变矩器的设计比较精密，再加些调整机构，使其输出的转矩还可以调整以适应道路行驶情况。而且，它用一种非常特别的油质来代替空气，作为传递动力的介质。

由于液力变矩器是用油质来传递动力，传动中的冲击被吸收，因此起步、加速比较平稳，振动较小。也正因为是通过油质传递的，所以它的传递效率较低，动力响应较差，燃油消耗较高。

液力变矩器 它的作用是将发动机的动力输出传递给后面的变速机构。它里面充满了油质，当与动力输入轴相连的泵轮转动时，它会通过油质带动与输出轴相连的涡轮一起转动，从而将发动机动力传递出去。其情形与一台有电的电风扇对吹另一台没电的电风扇使之旋转的情形相近

锁止离合器 液力变矩器是借助油质传递动力而使汽车行驶的，因此它与齿轮传递动力相比比较浪费燃油。为防止此现象，当车速超过一定速度时，采用锁止离合器将发动机与变速机构直接连接，这样可减少燃油消耗



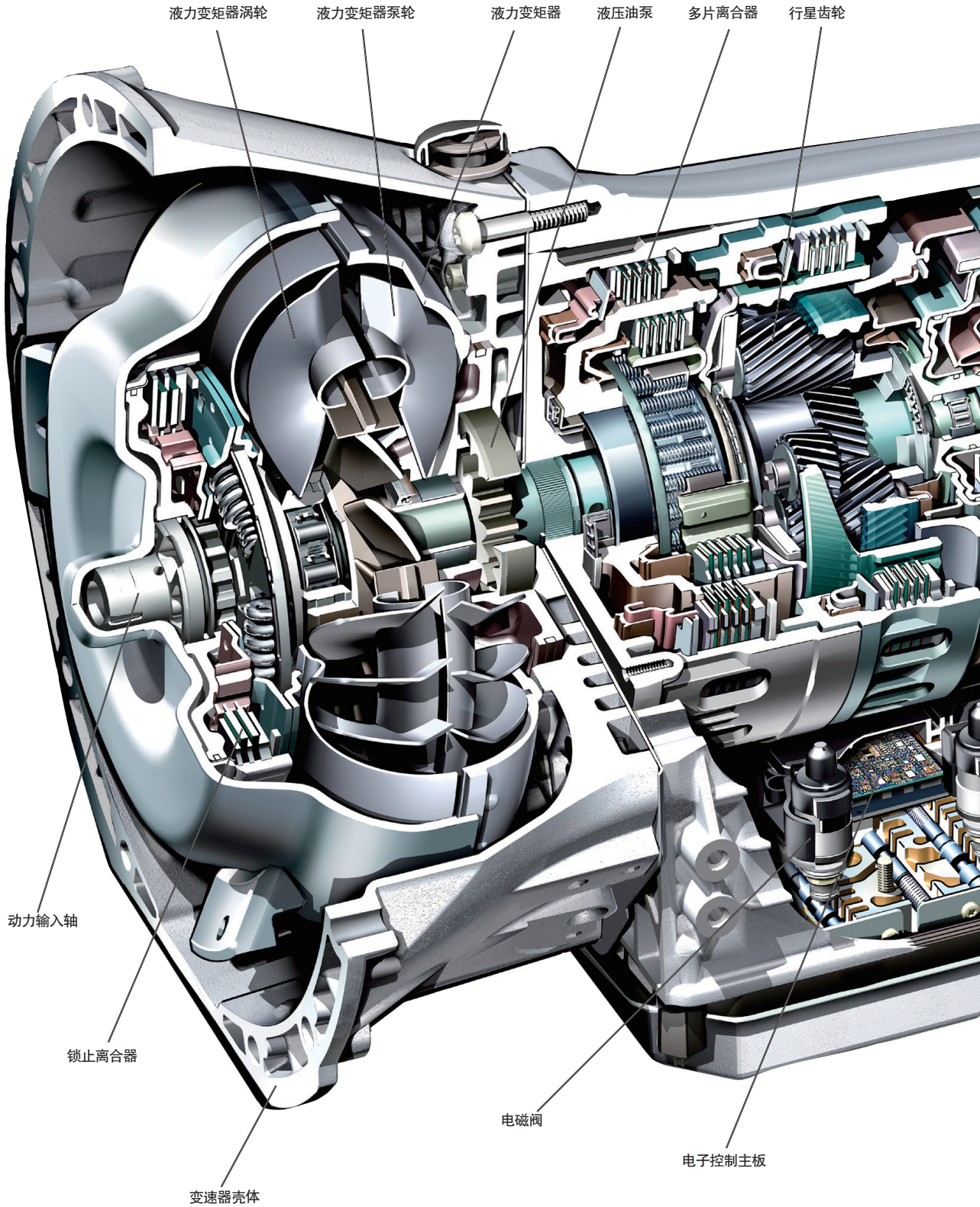
47 自动变速器构造有哪些?

现在的自动变速器一般都是液力变矩器式自动变速器，它主要由两大部分组成。

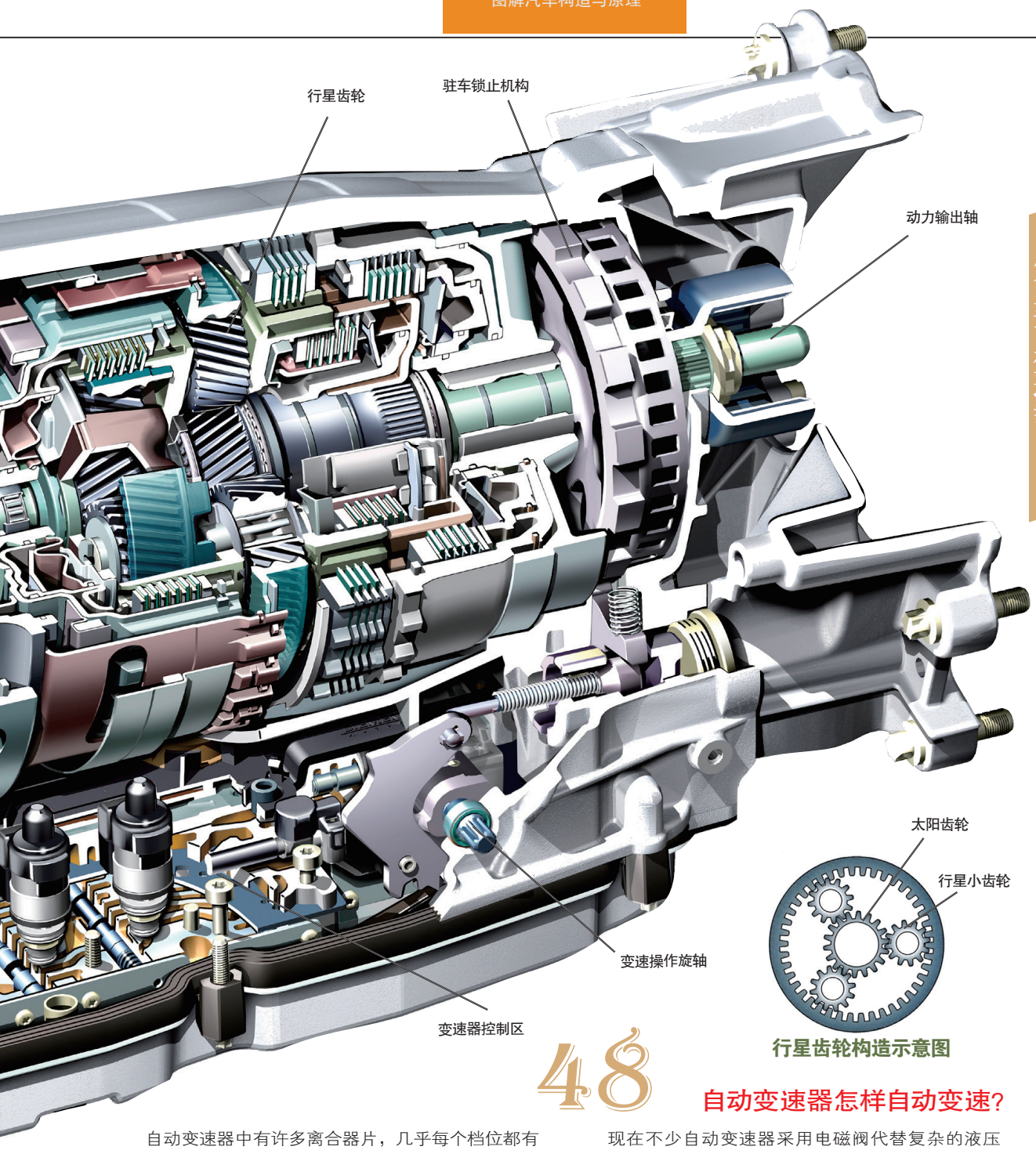
一是和发动机飞轮连接的液力变矩器，它和手动变速器车上的离合器位置差不多，其作用也和离合器差不多，它负责将发动机输出的动力传递给后面的变速机构。

二是紧跟在液力变矩器后面的变速机构，它主要由多片离合器、控制机构和变速齿轮组成。控制机构按照设计师们的设定，可以根据行驶情况对多片离合器发出指令，驱动各档位上多片离合器进行接合或分离。

由于第二部分的不同，自动变速器又分出好多类，如控制机构有液压阀和电磁阀，则分别称为液压自动变速器和电控自动变速器；如果最后的变速机构不是采用齿轮，而是采用钢带和滑轮，那就是无级变速器了。



梅赛德斯–奔驰7档自动变速器构造图



行星齿轮构造示意图

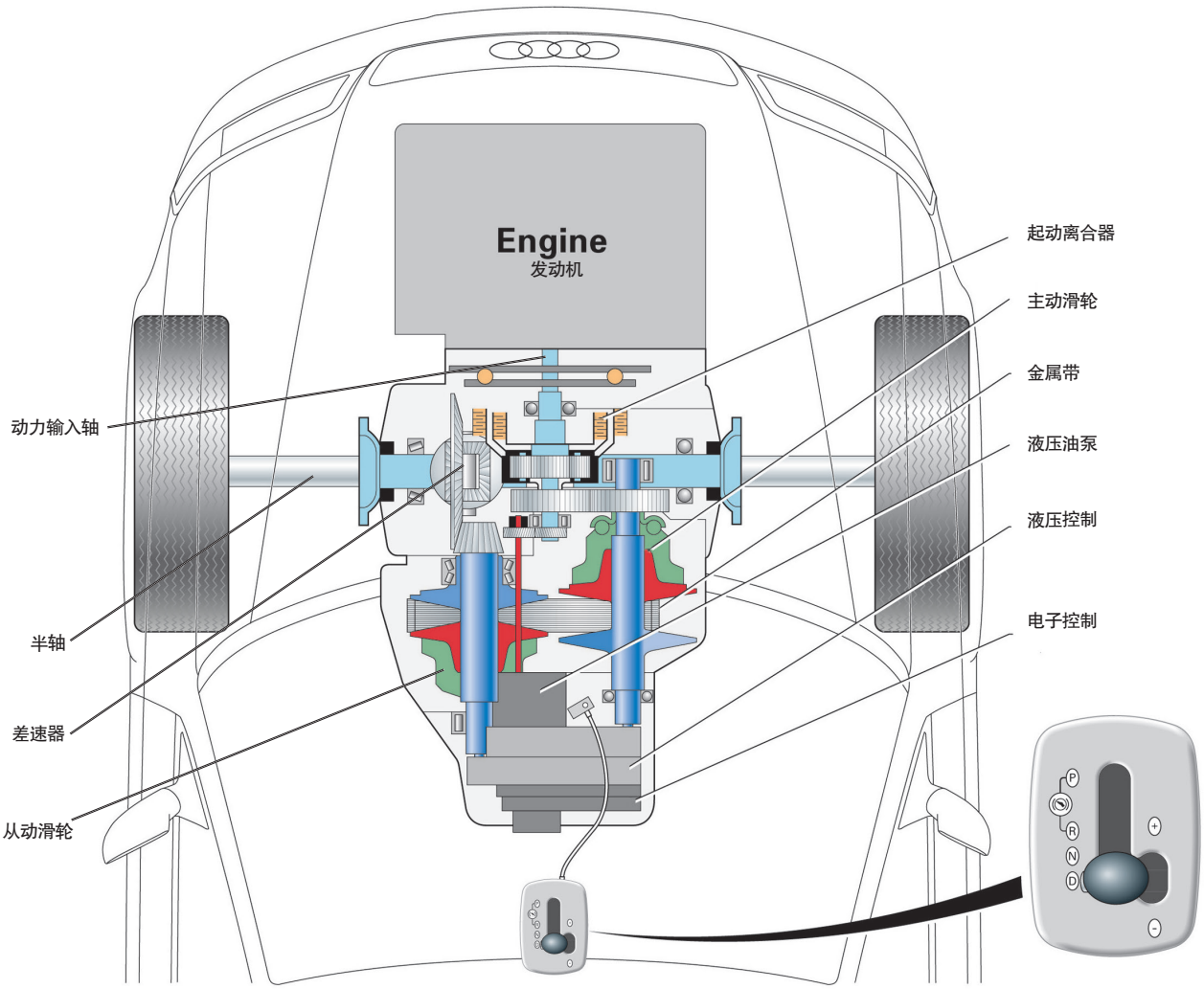
48 自动变速器怎样自动变速?

自动变速器中有许多离合器片，几乎每个档位都有一组离合器片，而这些离合器片受控制机构的驱动进行分离和接合，从而实现变速。

自动变速器中的控制机构基本都是液压式的，其中设计了许多阀门，当油压升高后会自动顶开一些阀门，然后这些油就会驱动某些离合器片动作。设计师将车速、节气门开度等各种信息作为控制油压升高或降低的输入信号，当车速、节气门开度变化时，它便会自动切换到不同的档位。

现在不少自动变速器采用电磁阀代替复杂的液压阀，可以利用车速、节气门开度等信息来直接控制多片离合器动作，从而实现自动变速的目的。

值得一提的是，自动变速器中的齿轮和手动变速器中的齿轮大相径庭，它们是采用行星齿轮的方式组合，利用控制某个行星齿轮的转动就可实现不同的转速输出，当然也包括反转。各齿轮或固定或转动，都是根据电脑计算或根据车速指令自动靠液压完成的。



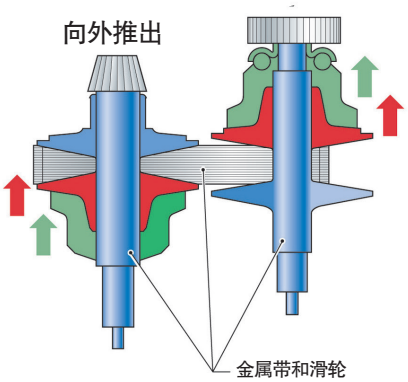
奥迪无级变速器工作原理示意图

49

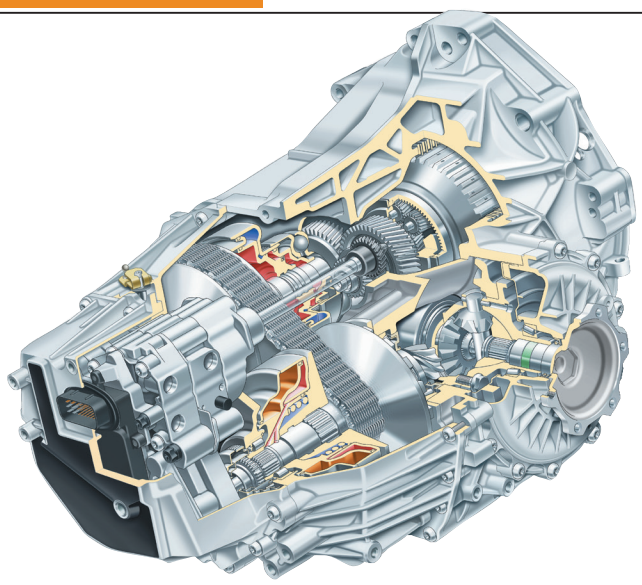
无级变速器如何实现无级变速?

无级变速器的主要部件是两个滑轮和一条金属带，金属带套在两个滑轮上。滑轮由两块轮盘组成，这两片轮盘中间的凹槽形成一个V形，其中一边轮盘由液压控制机构操纵，可以视不同的发动机转速，进行分开与拉近的动作，V形凹槽也随之变宽或变窄，将金属带升高或降低，从而改变金属带与滑轮接触的直径，相当于齿轮变速中切换不同直径的齿轮。两个滑轮呈反向调节，即其中一个带轮凹槽逐渐变宽时，另一个带轮凹槽就会逐渐变窄，从而迅速加大传动比的变化。

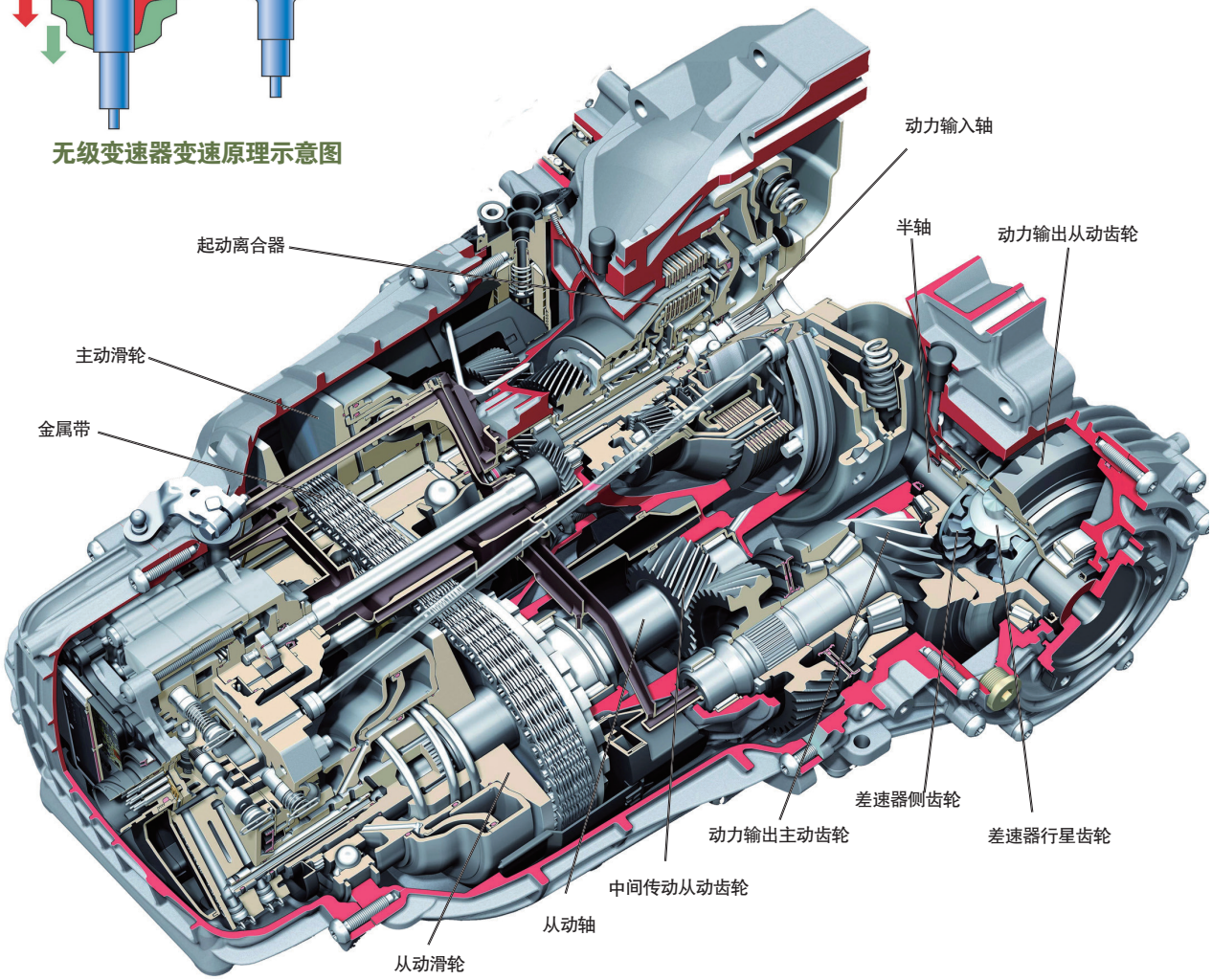
当汽车慢速行驶时，可以令主动滑轮的凹槽宽度大于被动滑轮凹槽，主动滑轮的金属带圆周半径小于被动滑轮的金属带圆周半径，即小圆带大圆，因此能传递较大的转矩；当汽车逐渐转为高速时，主动滑轮的一边轮盘向内靠拢，凹槽宽度变小迫使金属带升起，直至最高顶端，而被动滑轮的一边轮盘刚好相反，向外移动拉大凹槽宽度迫使金属带降下，即主动滑轮金属带的圆周半径大于被动滑轮金属带的圆周半径，变成大圆带小圆，因此能保证汽车高速行驶时的速度要求。



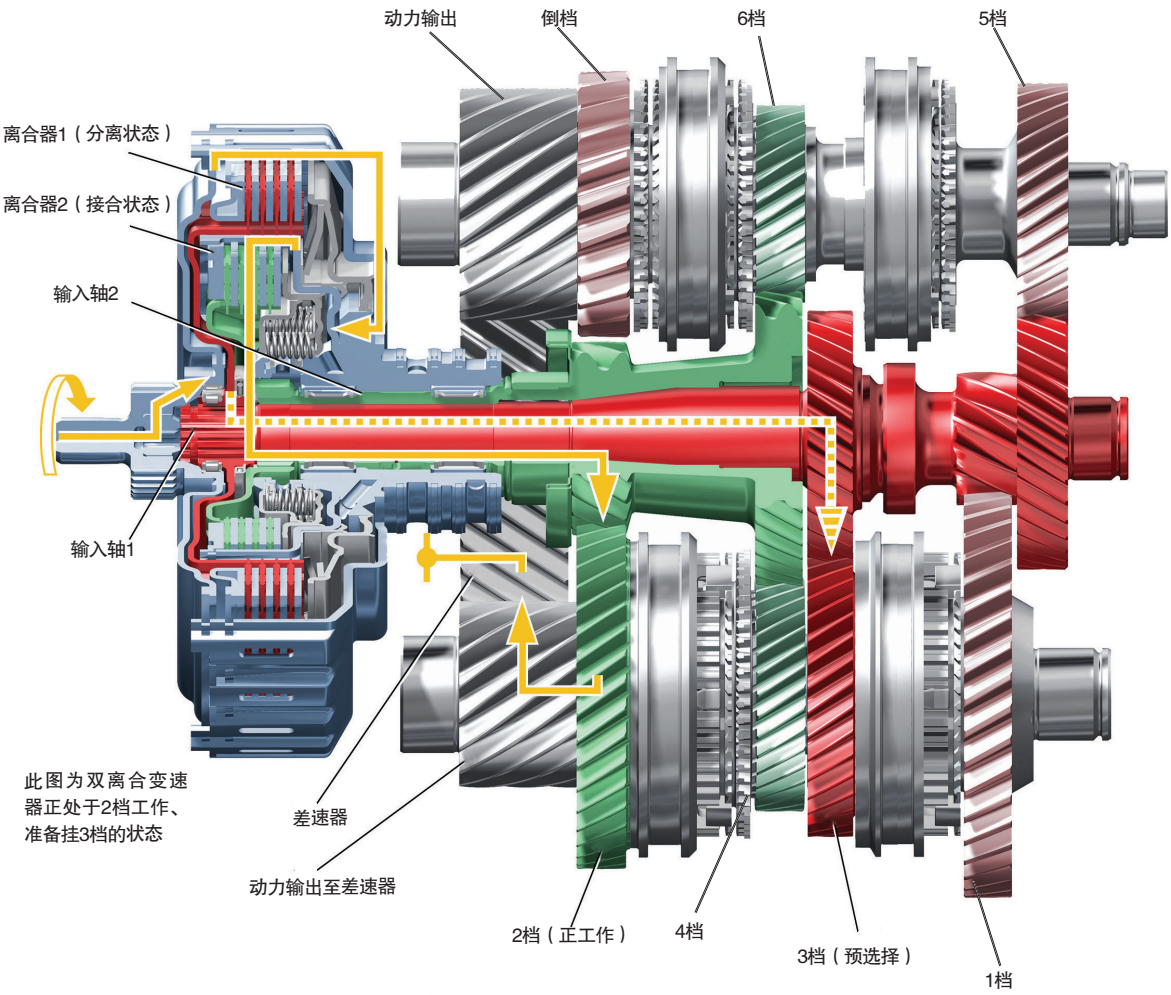
无级变速器变速原理示意图



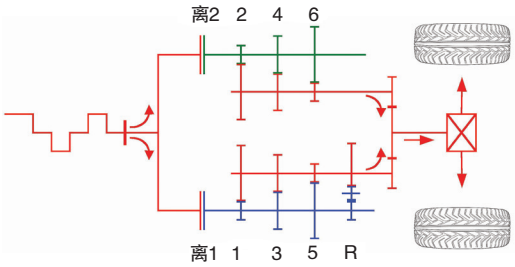
无级变速器构造图



奥迪无级变速器构造图



6档双离合变速器工作原理示意图



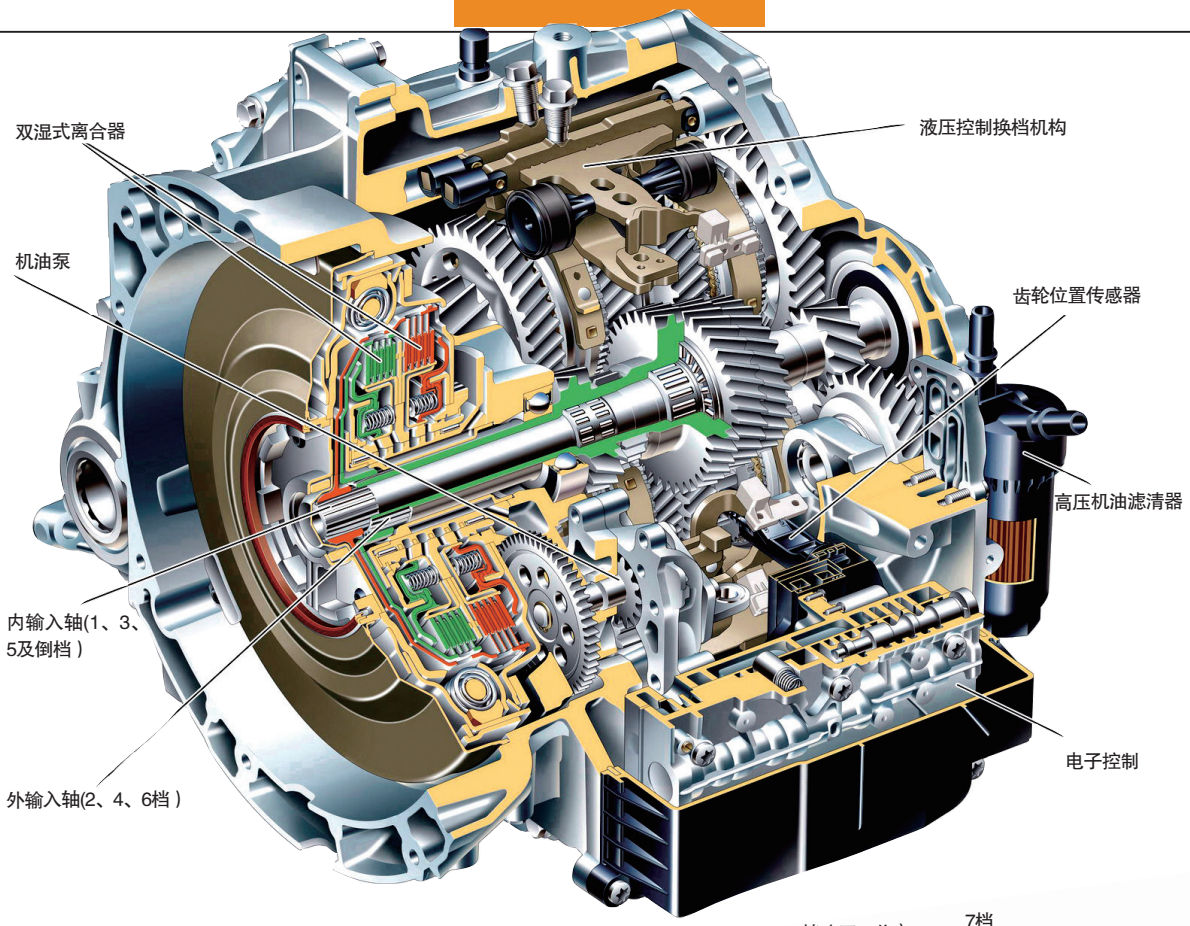
50

双离合变速器是如何动作的?

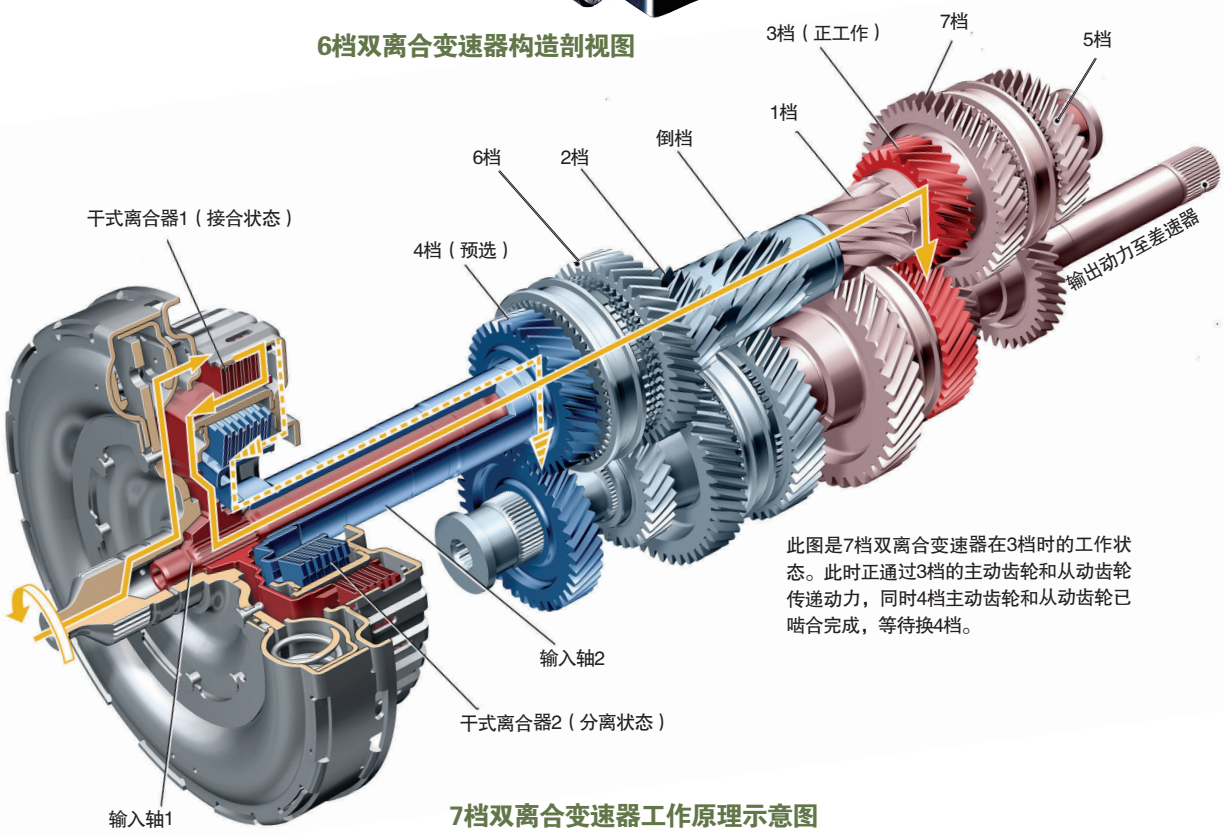
一般手动档汽车换档时，离合器在分离与接合之间存在动力传递暂时中断的现象。这在普通汽车上没有什么影响，但在争分夺秒的赛车上，如果离合器掌握不好、动力跟不上，车速就会变慢，影响成绩。双离合变速器便能消除换档时的动力传递停滞现象，可以更加平顺地换档。

以上图所示的6档双离合变速器为例说明其工作原理。两个离合器与变速器装配在同一机构内，其中离合器1负责挂1、3、5和倒档；另一个离合器负责控制2、4、6档。

驾驶人挂上1档起步时，这时离合器2也预先挂上2档，但保持离合器分离状态；当车速上来准备换档，离合器1分离的同时，离合器2也同时接合，2档开始工作。与此同时，由离合器1所控制的3档齿轮组也完成啮合并等待换档指令。如上图所示即是在2档工作，并等待换3档的状态。这样就省略了档位空置的一刹那，使动力传递更加连续。



6档双离合变速器构造剖视图

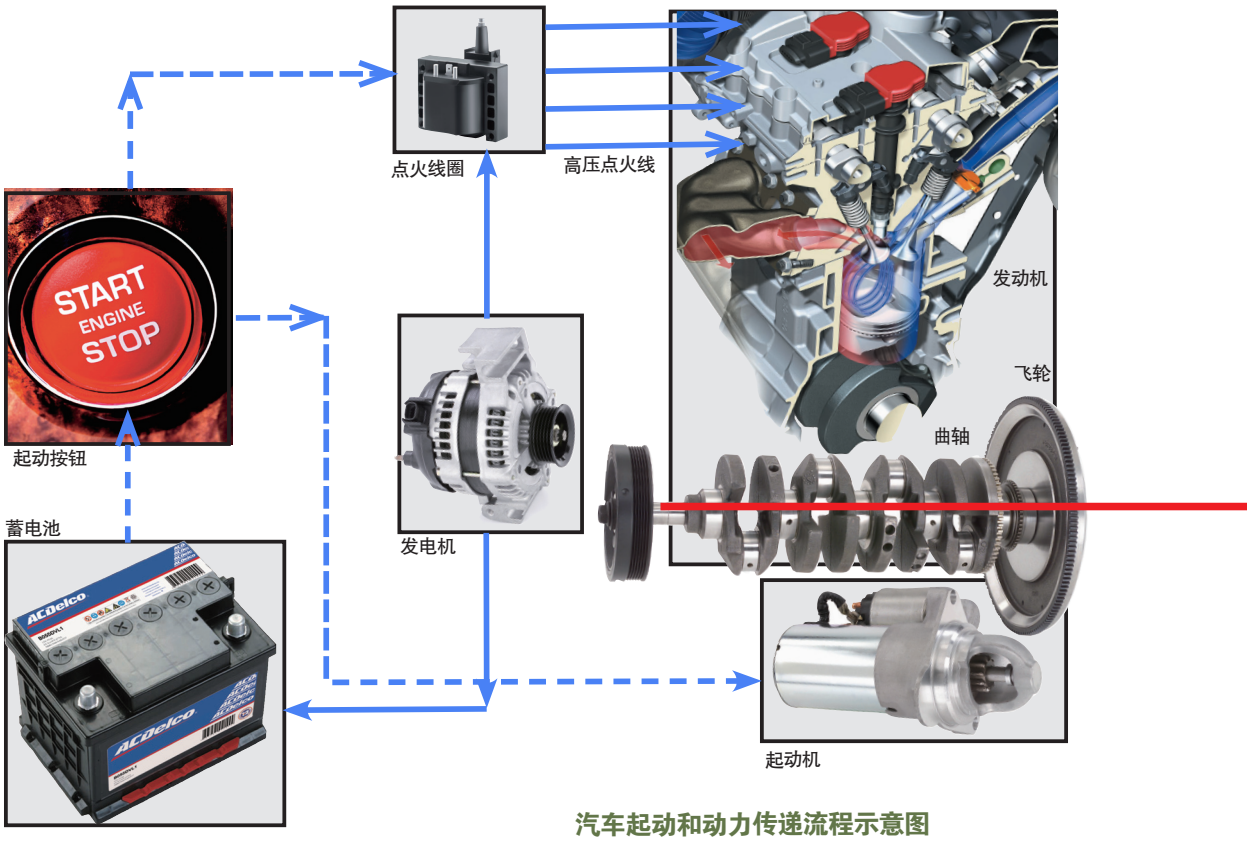


此图是7档双离合变速器在3档时的工作状态。此时正通过3档的主动齿轮和从动齿轮传递动力，同时4档主动齿轮和从动齿轮已啮合完成，等待换4档。

7档双离合变速器工作原理示意图

第四章 Drivetrain System
传动系统

如果说发动机是心脏，是力量之源，
那么，传动系统就是一辆车的灵魂，
其实，传动系统更像是动物的腰部或脊椎，
是它将心脏的强大力量传递到奔跑的腿脚。
由于它的构造不同，
也使汽车有着不同的行走方式或奔跑姿态。



汽车起动和动力传递流程示意图

51 动力如何传递?

早期的汽车上还没有起动装置，起动发动机时，需用一支摇手柄插接在曲轴带轮上，利用人的体力摇转发动机的曲轴，让活塞在气缸内来回运转，以达到起动发动机的目的。随着汽车工业的发展，后来出现利用起动机（即电动机）来起动发动机。

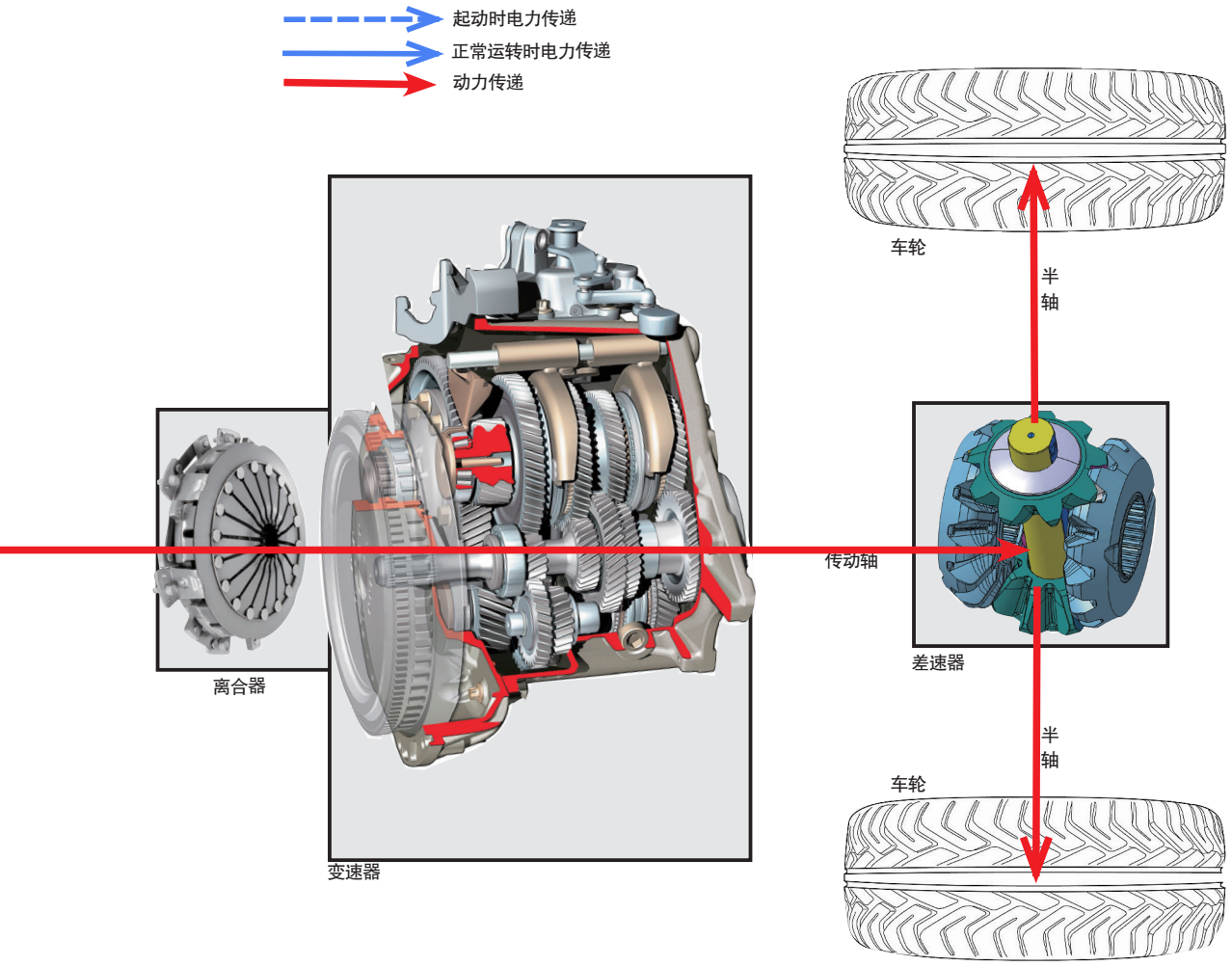
当驾驶人将车钥匙插进点火开关并扭动时，或按动起动按钮时，起动机的电路接通，蓄电池的大量电流便流入起动机的线圈，这时起动机就运转起来，同时起动机的小齿轮和飞轮上的齿环互相接合，把力量扩大传送给曲轴，曲轴带动活塞便能上下移动，从而将发动机起动运转。

发动机起动后，起动机小齿轮和飞轮齿环会自动分开，当操纵点火开关的手松开时，就自动切断了起动机电路，这时起动机也停止运转。

发动机转动后，带动附在发动机旁的发电机运转而产生电力，提供火花塞及车上的电器使用，如音响、车灯等。发动机运转产生的动力，经由飞轮传至离合器。

飞轮在发动机的做功行程时储存动能，当发动机不产生动力时，再将动能输出供应给进气、压缩、排气行程时所需的动能，使发动机运转平稳。

发动机的气缸数越多，动力重叠数就越多，可以不必储存太多动能，故飞轮可以小一点。虽然飞轮越重，发动机运转越平稳。但因为惯性，飞轮太重，发动机的加速或减速都会变慢，所以卡车发动机的飞轮又大又重，



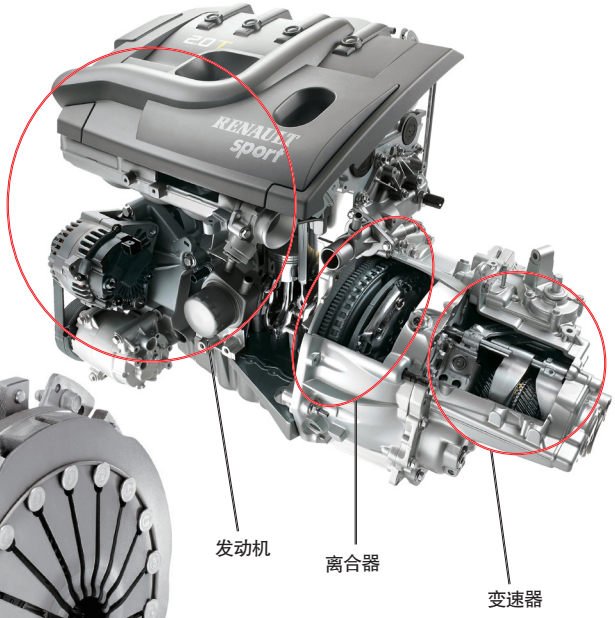
跑车的飞轮则又小又轻。

飞轮是用作起动机的被动件，离合器的主动件。离合器分为两种，一种是机械离合器，另一种是液体离合器，后者是自动档车用的。飞轮的摩擦面在车辆行进时，是和离合器的离合器片相接触而将动力传至变速器。当驾驶人踩下离合器踏板时，离合器片便离开飞轮，使动力传送中断，可进行换档。反之，松开离合器踏板时，离合器片又与飞轮相触，动力便恢复传送。

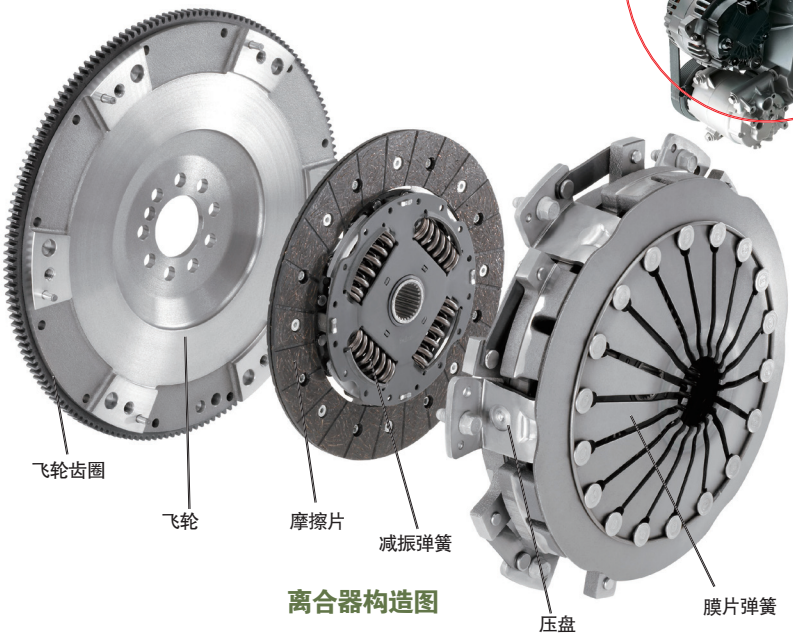
变速器内有四根轴：动力输入轴（离合器动力输出轴）、主动轴、从动轴（动力输出轴）、倒档轴，每个轴上都有齿轮，利用变速杆（也就是档把）来拨动齿轮，使之相互接合而变换速度。

发动机动力由离合器传至主动轴，再传到从动轴或通过倒档轴再传到从动轴（挂倒档时）。如果是前轮驱动，那么变速器的从动轴将通过前差速器和半轴将动力分别传到两个前轮，驱动两个前轮运转；如果是后轮驱动，那么从动轴将动力传递给后差速器，经调整后驱动两个后轮转动。

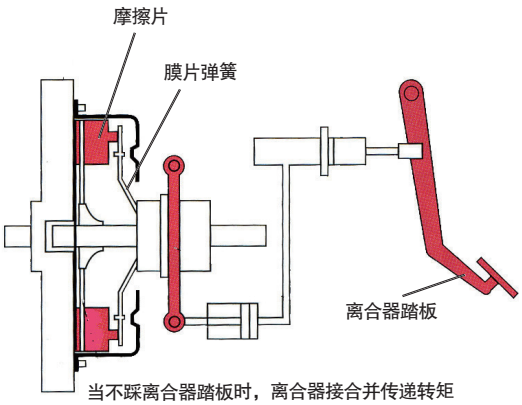
当驱动轮转动时，轮胎与地面产生一个摩擦力，根据作用力与反作用力的原理，从而轮胎与地面的摩擦力使汽车能够前进或者后退。



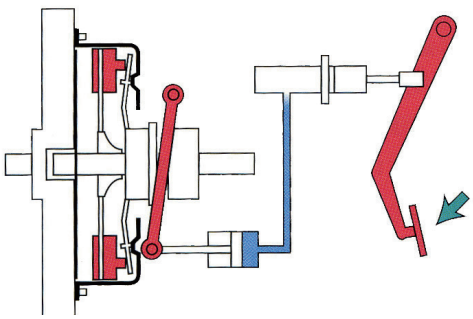
发动机、离合器变速器相互位置图



离合器构造图



当不踩离合器踏板时，离合器接合并传递转矩



当踩下离合器踏板时，离合器分离并不传递转矩

离合器工作原理示意图

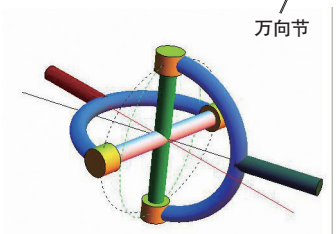
52

离合器有什么作用?

离合器相当于一个“动力开关”，它位于发动机和变速器之间的飞轮壳内，用螺栓将离合器总成固定在飞轮的后平面上，离合器的输出轴就是变速器的输入轴。在汽车行驶过程中，驾驶人可根据需要踩下或松开离合器踏板，使发动机与变速器暂时分离和逐渐接合，以切断或传递发动机向变速器输入的动力。

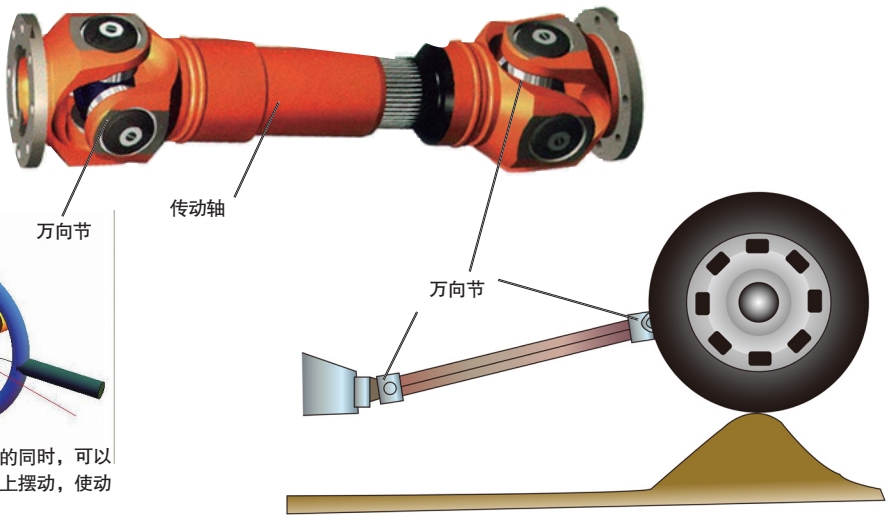
依靠接触面间的摩擦作用，离合器的主动部分和从动部分之间可以暂时分离，又可逐渐接合，在传动过程中又允许两部分相互转动。

目前在汽车上广泛采用的是用弹簧压紧的摩擦离合器（简称为摩擦离合器）。发动机发出的转矩，通过飞轮及压盘与从动盘接触面的摩擦作用，传给从动盘。当驾驶人踩下离合器踏板时，通过机件的传递，使膜片弹簧大端带动压盘后移，此时从动部分与主动部分分离。当驾驶人抬起踏板后，依靠弹簧的作用，它们又可接合到一起。

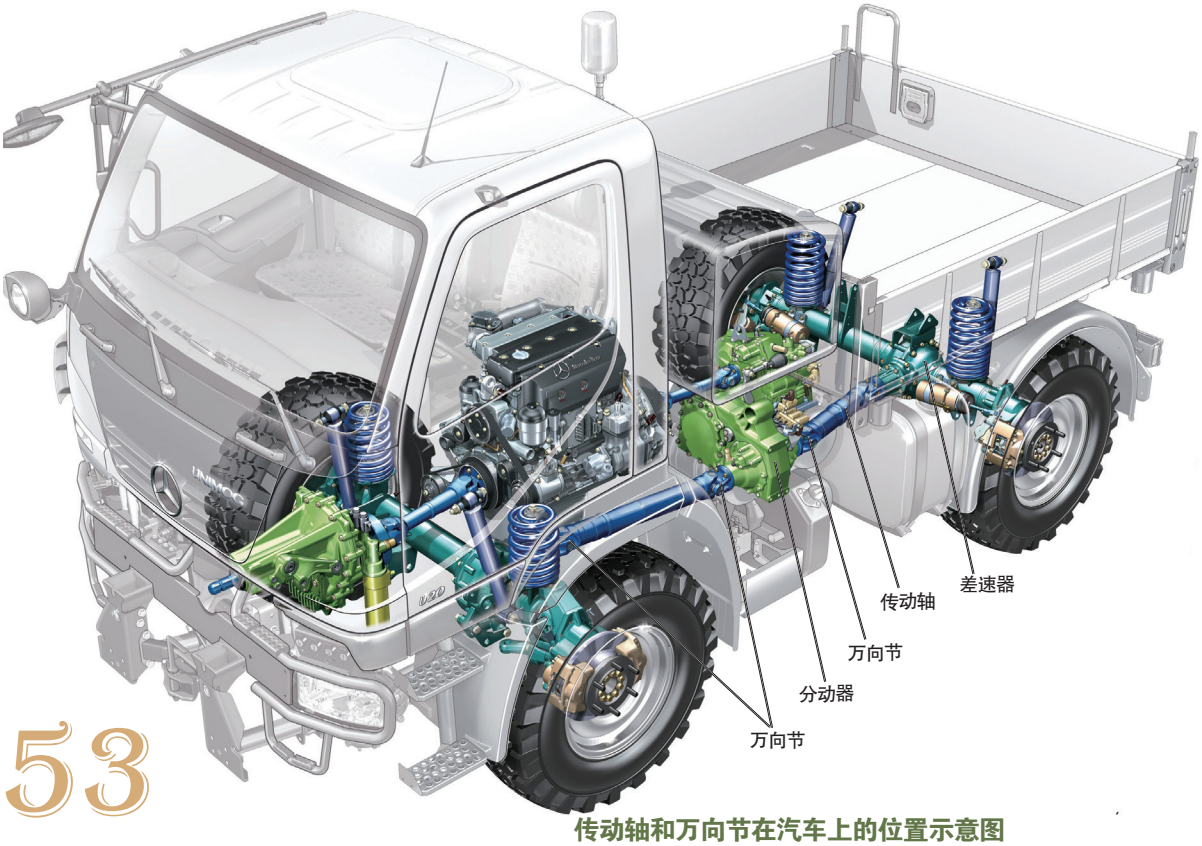


万向节可以让传动轴在旋转的同时，可以在上、下、左、右四个方向上摆动，使动力传递更灵活

十字轴万向节工作原理示意图



传动轴和万向节



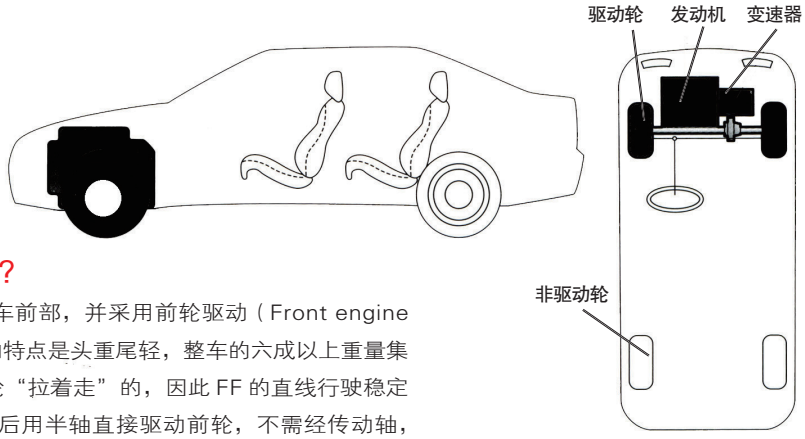
传动轴和万向节在汽车上的位置示意图

53 万向节起什么作用?

万向节一般位于传动轴的末端，起到连接传动轴和驱动桥、半轴和驱动桥，或传动轴之间的连接。在前置后驱汽车上，要想将动力传递到后驱动桥上，必须将变速器动力输出轴与驱动桥之间进行连接。但考虑到汽车运行中路面不平产生跳动，会使变速器输出轴与驱动桥输入轴之间的夹角和距离发生变化，不能直接进行“硬连接”，要用一个“以变应变”的装置来解决这一个问题，因此就有了类似肢体关节作用的万向节。

最普通的万向节主要是个像“十字架”的十字接头，它允许连接在上面的传动轴做上下或左右摆动。说是万向，其实只有四向，但对于相对固定的传动轴来说足够了。

54



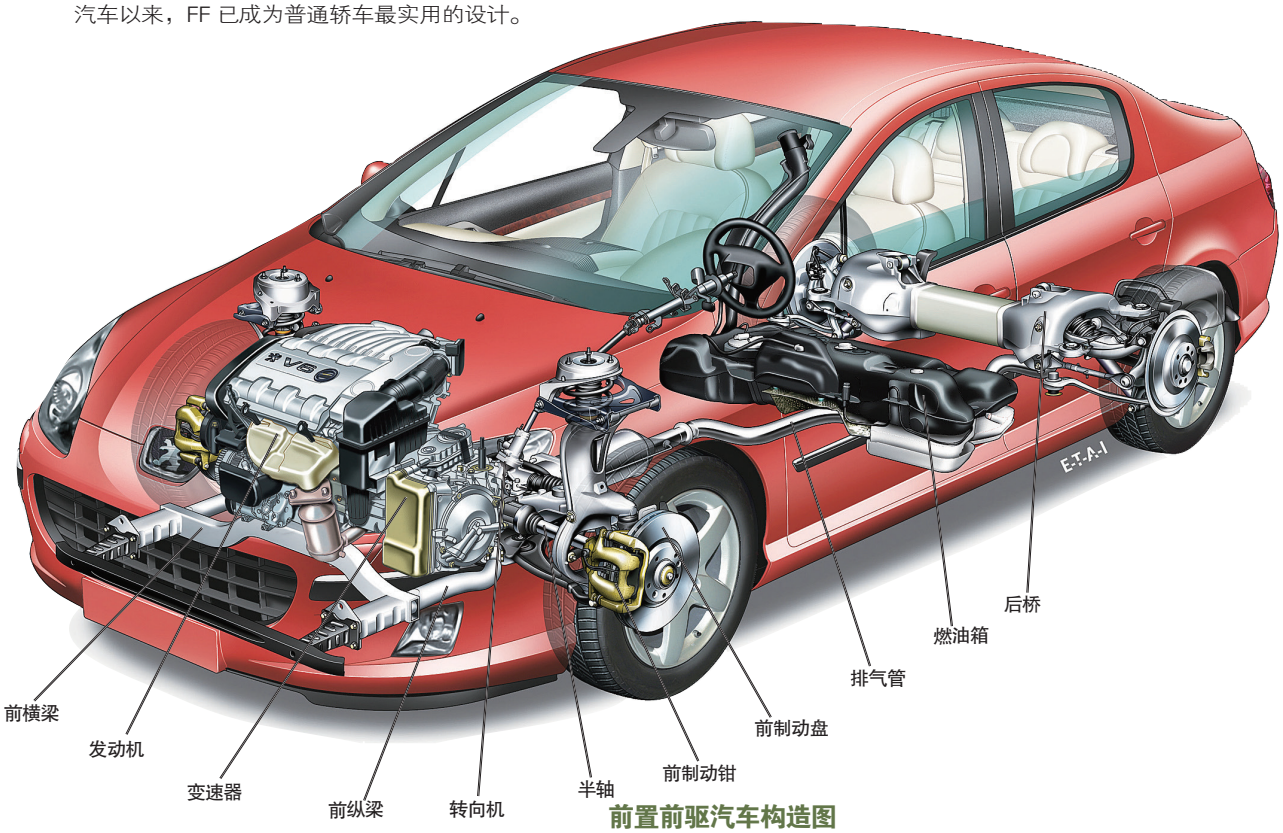
前置前驱示意图

前置前驱的特点是什么?

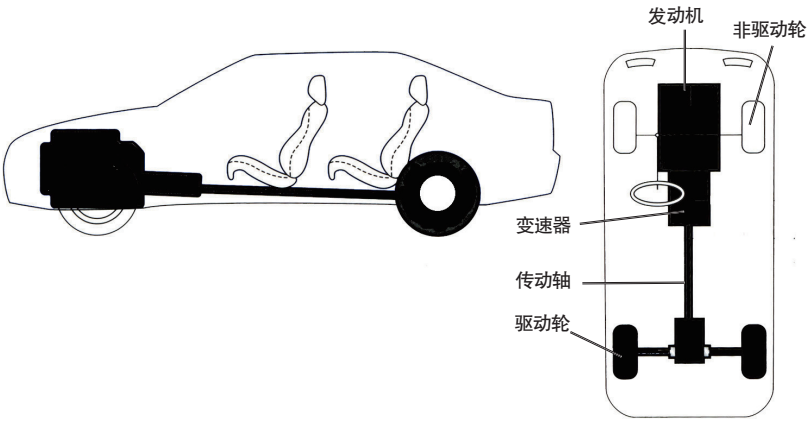
前置前驱是指发动机放置在车前部，并采用前轮驱动（Front engine Front wheel drive, 简称 FF）。它的特点是头重尾轻，整车的六成以上重量集中在车身前段。由于车体是被前轮“拉着走”的，因此 FF 的直线行驶稳定性非常好。FF 是发动机经差速器后用半轴直接驱动前轮，不需经传动轴，动力损耗较小，所以适合小型车。FF 车后排座椅间少了后驱车必有的传动轴凸包，后座的乘员再也不用缩脚挤在狭窄的空间里，这一点可说是 FF 的最大优点。

当然 FF 也有缺点，头重尾轻的设计使得车辆在高速行驶时，踩下制动踏板的瞬间，车头容易下沉，车尾易扬起甚至悬空造成危险。另外，由于前部较重，且前车轮同时负责驱动和转向，因此方向盘较重，转弯半径较大，容易出现转向不足现象。

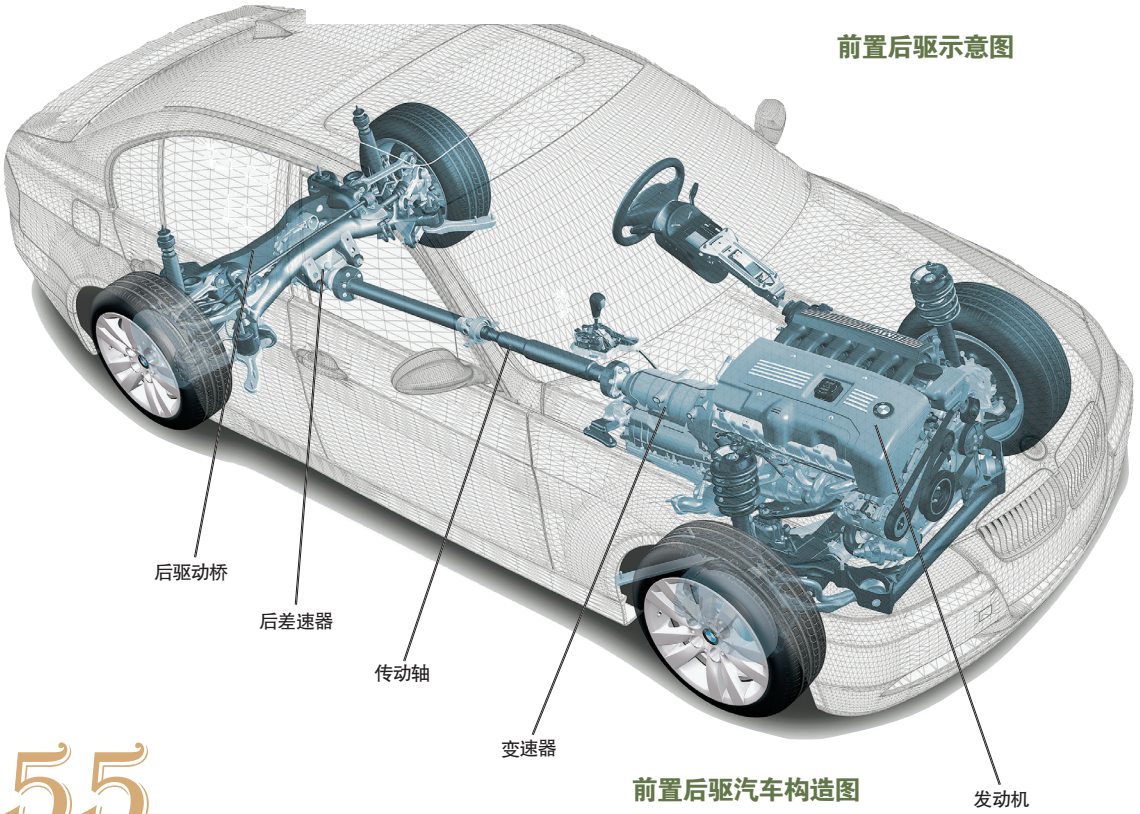
正是因为受限于上述原因，FF 不适合搭载动力较大的发动机，它并不是高性能汽车的最佳设计，但自从雪铁龙于第二次世界大战前首度推出 FF 汽车以来，FF 已成为普通轿车最实用的设计。



前置前驱汽车构造图



前置后驱示意图



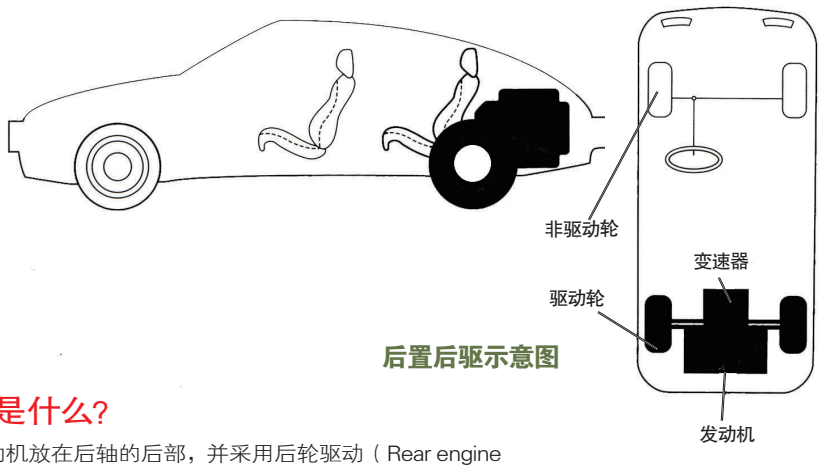
前置后驱汽车构造图

55 前置后驱的特点是什么?

前置后驱是指将发动机放置在车前部，并采用后轮驱动（Front engine Rear wheel drive, 简称 FR）。FR 在轴荷分配上比前驱车平均，可以达到 50:50 的最佳比例，因此它拥有较佳的操控性能和行驶稳定性。理论上 FR 车在转弯时的最大速度会更高，但是，由于汽车前轮直接受转向系统支配，已经改变了行驶方向，而后面的驱动轮仍有向前的惯性，所以容易出现转向过度现象。对于拥有高超驾驶技巧的人来说，这是一种操控乐趣，但也在一定程度上制造了驾驶难度。

奔跑迅猛的动物都有个共同特点，就是它们的后腿都非常强健，因为在向前奔跑时，重心会后移。汽车在起步或加速时，整车重量会向后轮转移，如果后轮是驱动轮，无疑它的起步或加速性能会更好些。同时，前轮负担较轻，在紧急制动时，不致产生车头下沉、后轮悬空的现象。

操控性、稳定性、动力性和制动性较好的这些优点，正是高性能汽车至今依然喜欢采用 FR 设计的主要原因。

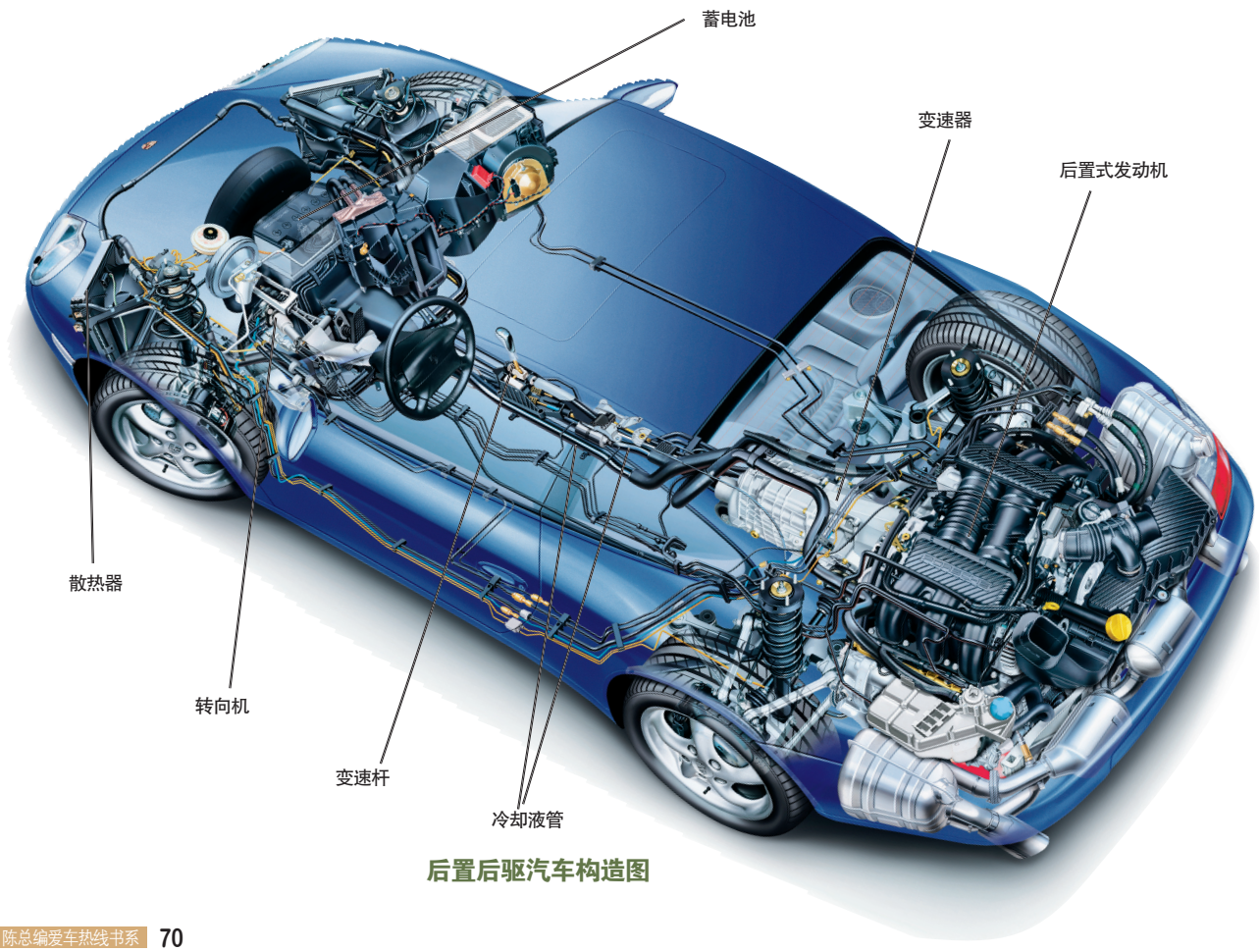


后置后驱示意图

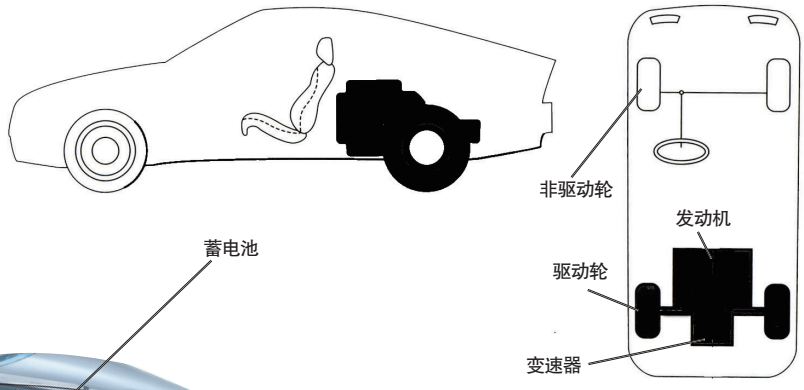
56

后置后驱的特点是什么?

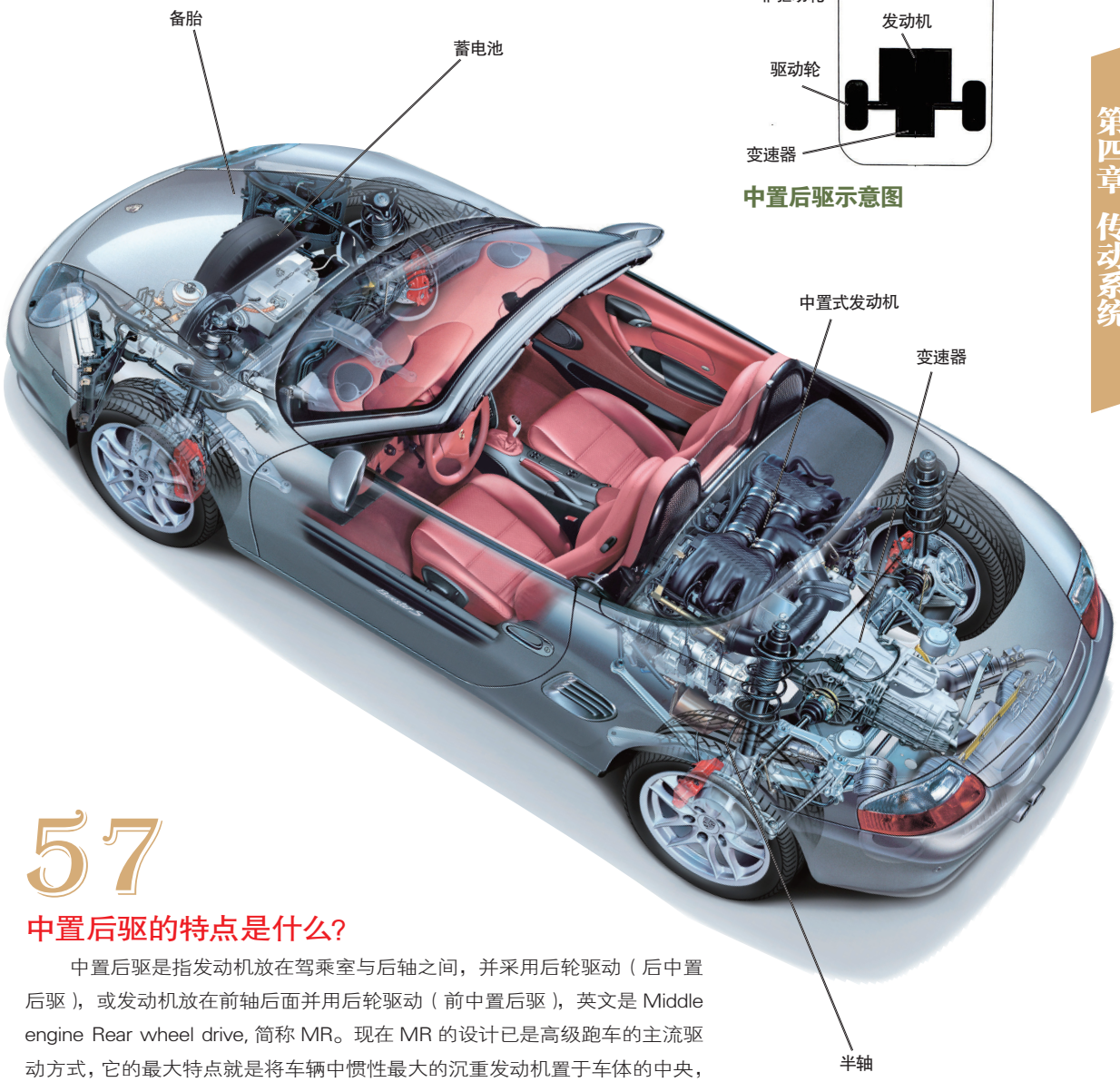
后置后驱是指将发动机放在后轴的后部，并采用后轮驱动（Rear engine Rear wheel drive, 简称 RR）。由于 RR 车的重量大多集中于后方，又是后轮驱动，所以起步、加速性能在所有驱动形式中是最好的，因此超级跑车一般都采用 RR 方式。RR 的转弯性能比 FF 及 FR 更加敏锐，但由于后轴承受较大负荷，因此后轮的抓地力达到极限时，会有打滑甩尾现象，且不容易控制。RR 的另一特点是车头较轻，所以开始进入转弯时较容易造成转向过度现象。



后置后驱汽车构造图



中置后驱示意图

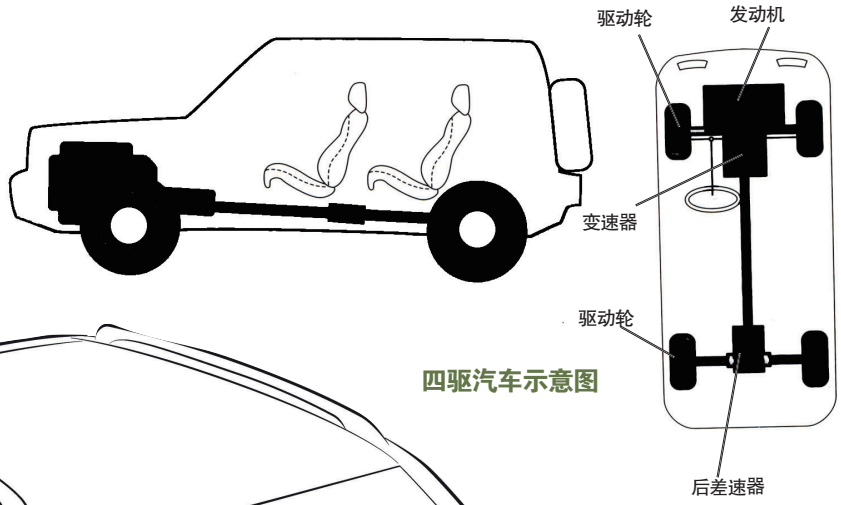


中置后驱汽车构造图

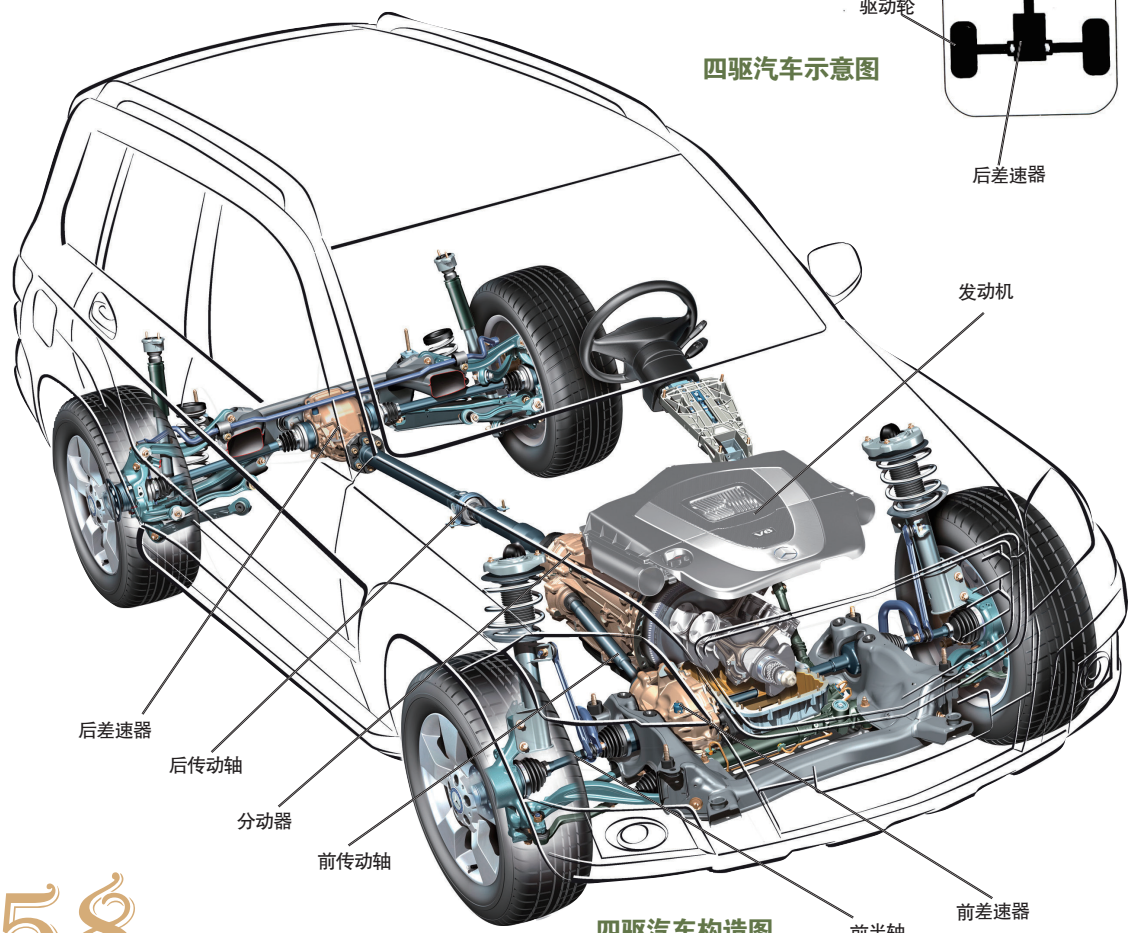
57 中置后驱的特点是什么?

中置后驱是指发动机放在驾乘室与后轴之间，并采用后轮驱动（后中置后驱），或发动机放在前轴后面并用后轮驱动（前中置后驱），英文是 Middle engine Rear wheel drive, 简称 MR。现在 MR 的设计已是高级跑车的主流驱动方式，它的最大特点就是将车辆中惯性最大的沉重发动机置于车体的中央，这是使 MR 车获得最佳运动性能的最主要保证，因为 MR 车的车体重量分布接近理想平衡。

MR 兼具 FF、FR 的优点，转向灵敏准确，制动时不会出现头沉尾翘的现象。但 MR 有一个先天毛病，直线稳定性较差，为解决这一问题，所有 MR 汽车的后轮尺寸均较前轮大。第二个缺点是车厢太窄，一般只能有两个座位。另外，由于驾乘人员离发动机太近，因此噪声较大。但是，追求汽车驾驶性能的人就不会在乎这些不足。



四驱汽车示意图



四驱汽车构造图

58 四轮驱动有什么优势？

四轮驱动简称四驱，就是用四个车轮作为驱动轮，英文是 4 Wheel Drive, 简称 4WD。

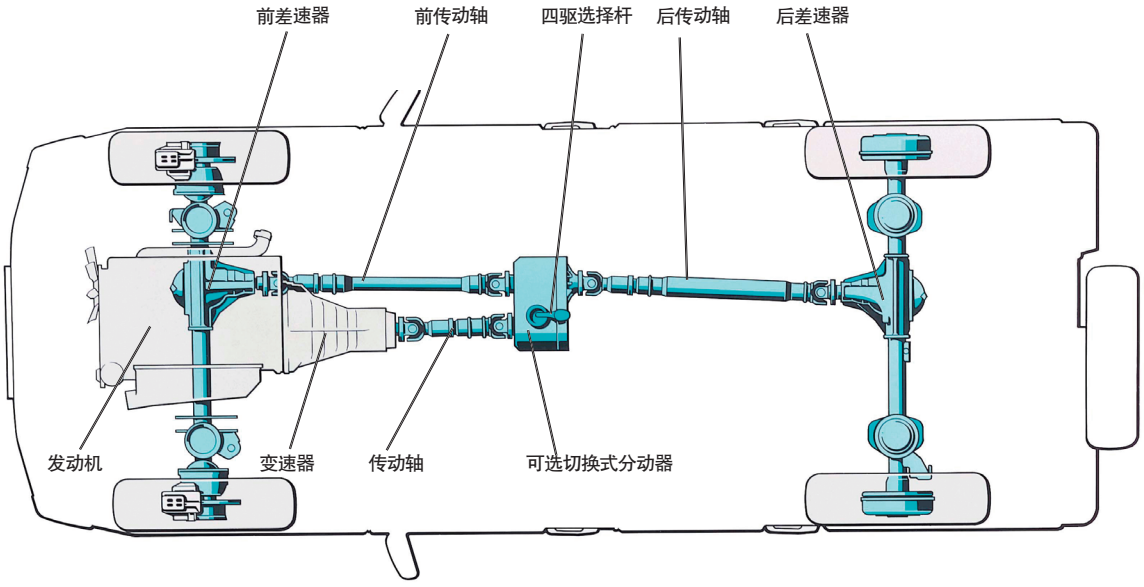
前轮驱动容易转向不足，后轮驱动容易转向过度，而四轮驱动则可避免这两种现象，可使汽车转向尽量中性，从而提高过弯能力。但这并不是采用四轮驱动的最主要原因，因为四轮驱动的两大优势一是提高通过性，二是提高主动安全性。

如果汽车仅由两个车轮驱动，一旦某个驱动轮打滑，车辆就无法动弹。但四驱汽车就不一样了，

如果前轮或后轮打滑，另外两个轮子还可以继续驱动车辆行驶。

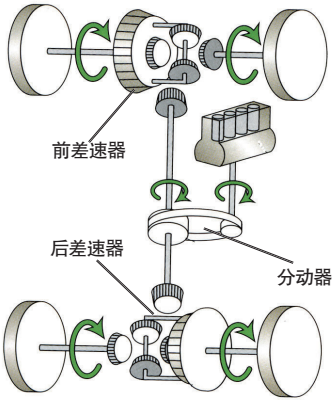
在冰雪或湿滑路面行驶时，四轮驱动的车辆，当然要比用两轮驱动的车辆更稳定，更不易出现打滑现象，从而提高行驶稳定性能，保证有较佳的主动安全性能。

当然，四轮驱动也有弱点，一是它比两轮驱动车辆多装配些部件，重量增加，其燃油消耗可能稍高；二是制造成本稍大，售价也要高些。



分时四驱工作原理示意图

分时四驱操作示意图



对于分时四驱汽车来说，驾驶人拉动手柄或转动驱动模式开关，即可以把汽车切换成两轮或四轮驱动。如上图示，分时四驱一般为后轮驱动，驾驶人拉动手柄或转动开关后，使分动器和前轮连接在一起，即变成了四轮驱动

59 什么是分时四驱?

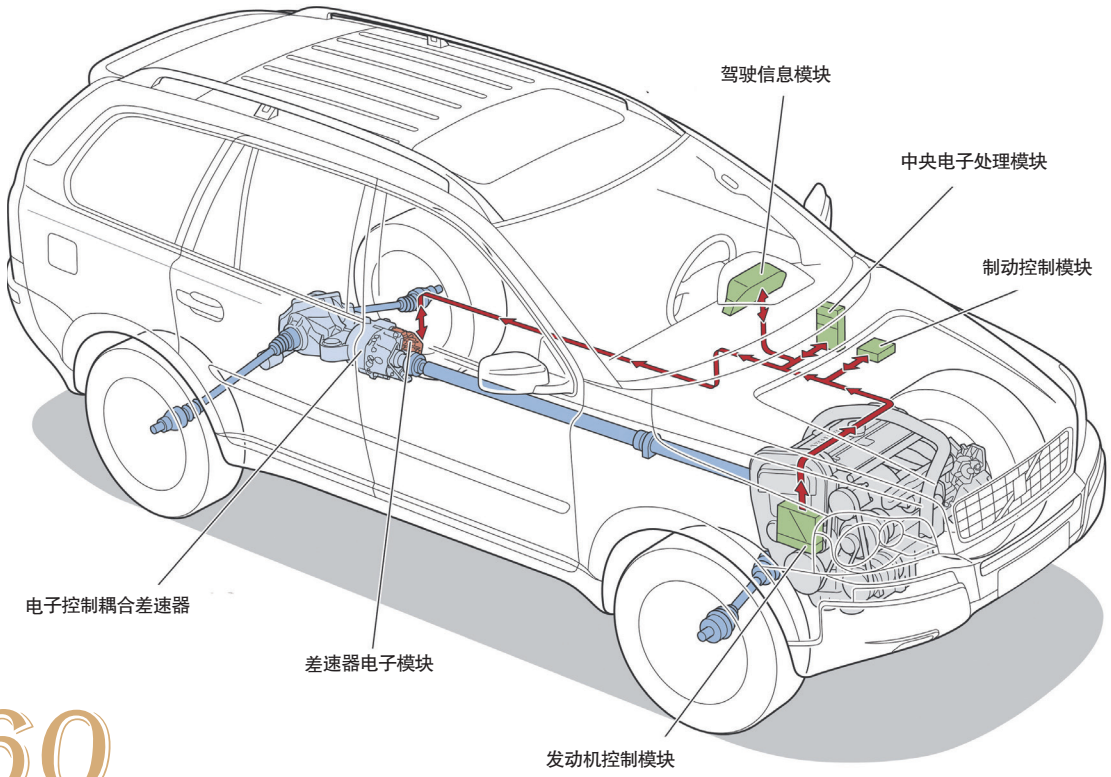
汽车在直线行驶时，四个车轮的转速是相同的，但在转弯时，尤其是急转弯时，四个车轮的转速可以说各不相同。外侧车轮比内侧车轮转速应快些，前轮比后轮转速应快些。

在湿滑的草地、泥泞、沙漠行驶时，往往可以采用四轮驱动的方式，用分动器将四个车轮硬性连接，让四个车轮都按同样的转速进行驱动。因为这类路面的摩擦系数较低，转弯时前后车轮虽然会发生转向干涉，但是它们可以自由滑动（打滑），所以不会影响到安全。

但在公路上行驶时，由于分动器将前轴和后轴硬性连接，这就会使它们相互干涉，转弯时就会产生类似制动的现象。

面对这个问题，最简单的解决方案就是设计一套机构，让驾驶人能够自由切换四驱和两驱模式。越野时就挂上四驱模式，当在公路上行驶时，则可以选择两驱模式，通过两驱的方式彻底避免转向时的车轮干涉。这就是所谓的分时四驱系统。

由于需要驾驶人经常切换两驱或四驱模式，造成操作的复杂性，如果发生误操作，又很容易出问题，所以这类四驱只是在一些较老的、强调越野性能的车型上广泛使用，因为它十分可靠，而且价格低廉。

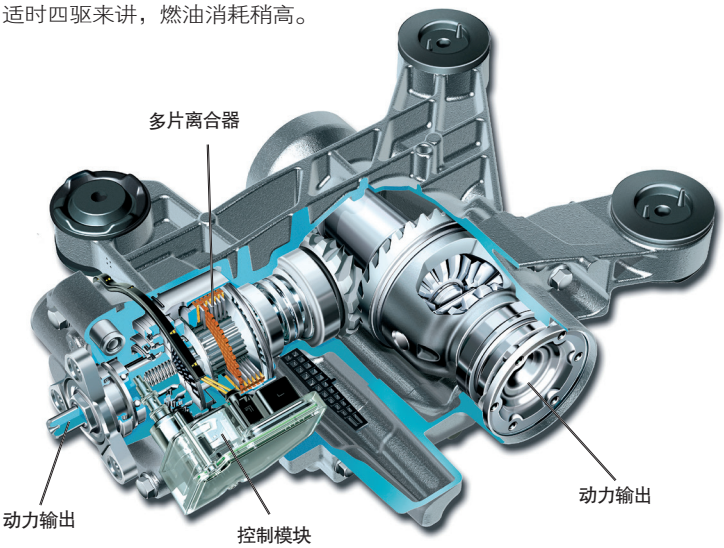


带电子控制耦合差速器的全时四驱示意图

60

全时四驱有什么优势？

所谓全时四驱，指的是四个车轮时刻都能提供牵引力，无论是直线行驶还是转弯，因此它的行驶稳定性更好；时时都是四驱，没有从两驱转换为四驱的响应时间，因此，它的主动安全性更好，不足是相对适时四驱来讲，燃油消耗稍高。



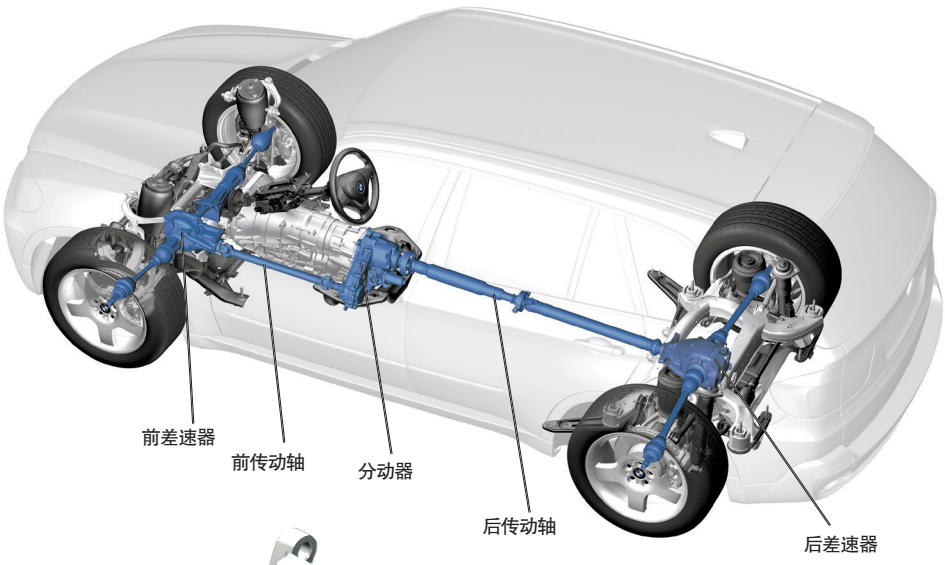
大众汽车4MOTION四驱系统中央差速器

你知道吗？Do You Know

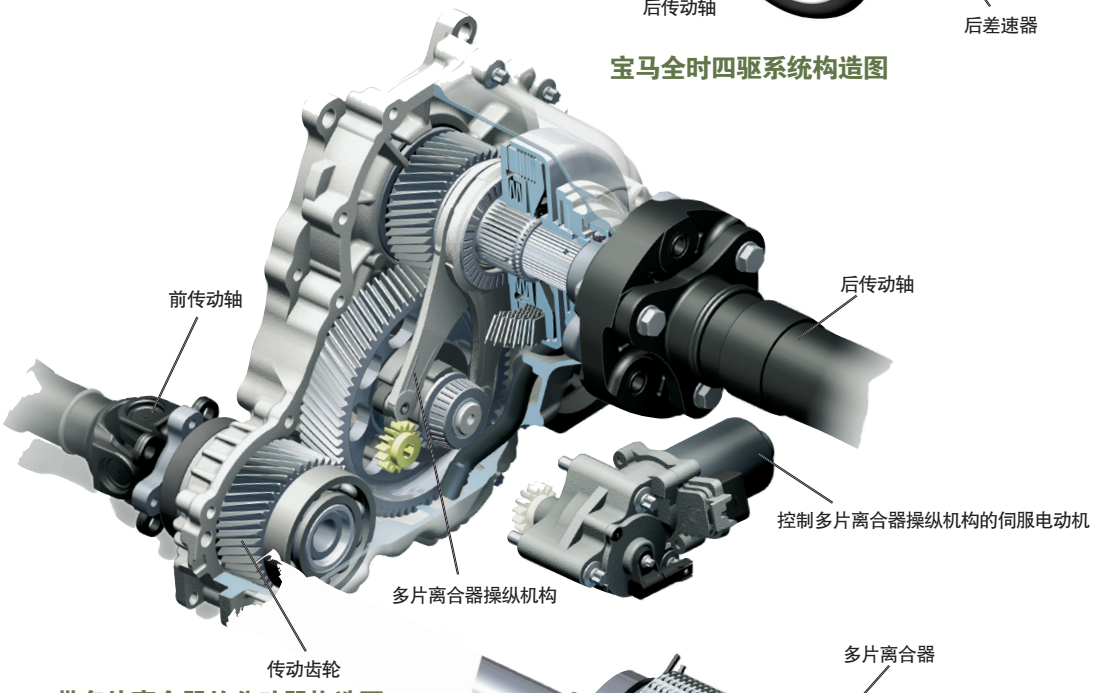
电控式全时四驱系统

全时四驱系统按控制原理可分为电控和纯机械两大类。像宝马、沃尔沃、大众等四驱车型上，一般都是采用电控式四驱系统，它们可以根据电子传感器采集车轮打滑的信息，及时调整前轮和后轮的动力分配。

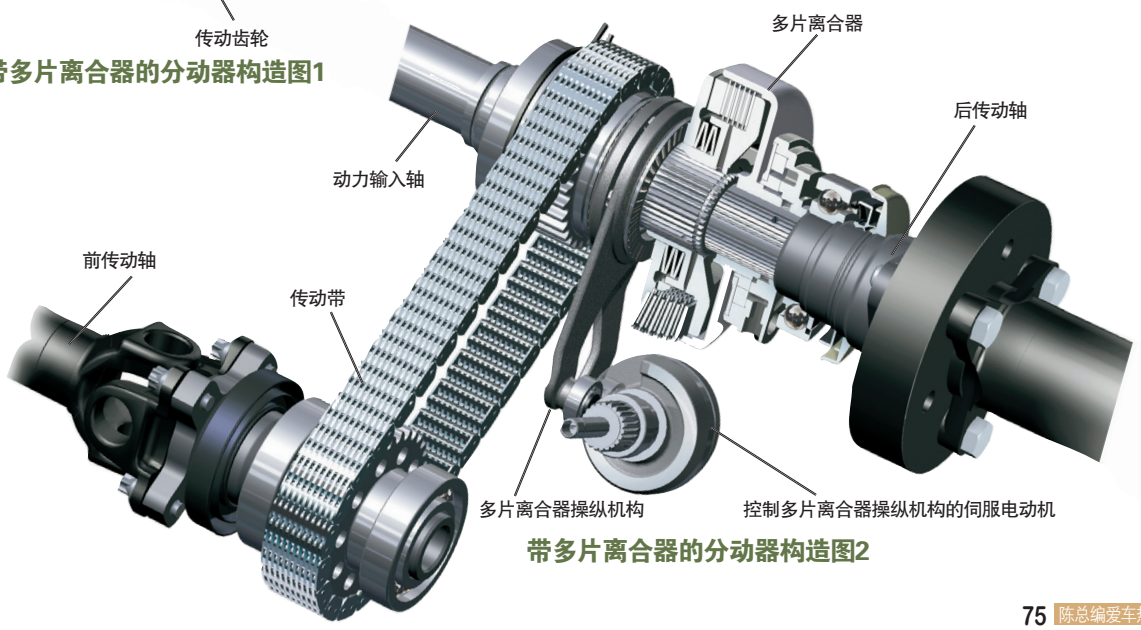
在电控式全时四驱系统中，又分为以前轮驱动为主的全时四驱，正常行驶时前轮拥有较大的驱动力，如沃尔沃XC60、大众途观等；而宝马的xDrive则是以后轮驱动为主，正常行驶时后轮拥有较大的驱动力。



宝马全时四驱系统构造图



带多片离合器的分动器构造图1



带多片离合器的分动器构造图2

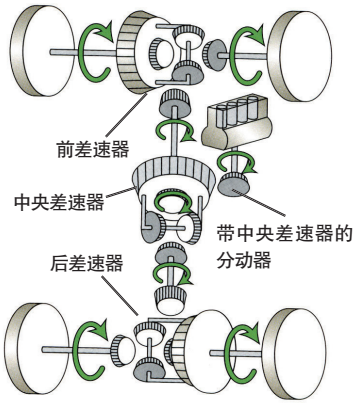
61

分动器起什么作用?

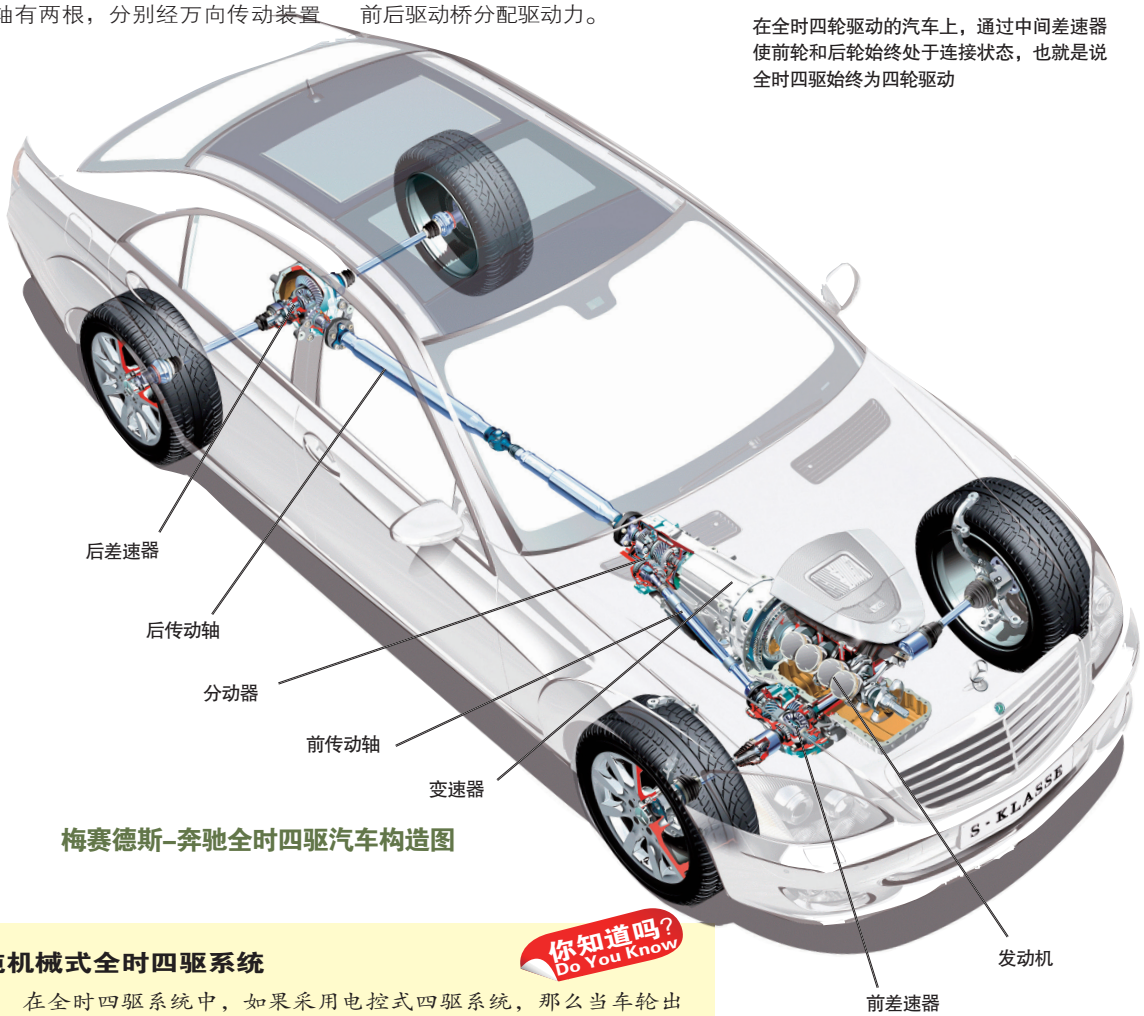
分动器又称分动箱，它是四驱汽车上特有的部件。它的作用是将从变速器传来的动力分配给前轴和后轴。分动器一般都设有高低档，以进一步增大转矩。分动器为链式或齿轮传动系统，它单独固定在车架上，其输入轴与变速器的输出轴用万向传动装置连接，分动器的输出轴有两根，分别经万向传动装置与前后驱动桥相连。

分动器也有多种，在分时四驱汽车上比较简单，一般采用离合器的结构，直接由驾驶人手动操作，让多片离合器分离或接合，从而选择两驱和四驱行驶方式。

在全时四驱上，分动器的主要结构就是中央差速器，由它负责向前后驱动桥分配驱动力。



在全时四轮驱动的汽车上，通过中间差速器使前轮和后轮始终处于连接状态，也就是说全时四驱始终为四轮驱动



梅赛德斯–奔驰全时四驱汽车构造图

纯机械式全时四驱系统

你知道吗? Do You Know

在全时四驱系统中，如果采用电控式四驱系统，那么当车轮出现打滑现象时，它的四驱系统便要经过采集信号、发出指令、电动机执行指令等反应过程，这个过程自然要消耗一定时间。

采用纯机械式全时四驱系统则不存在这个问题，因为它通过机械感受和传递信息，因此它的反应时间非常短。也就是说，纯机械式全时四驱系统的反应要比电控式四驱系统快，而且可靠性更强。现在奥迪、奔驰等都采用纯机械式全时四驱系统。

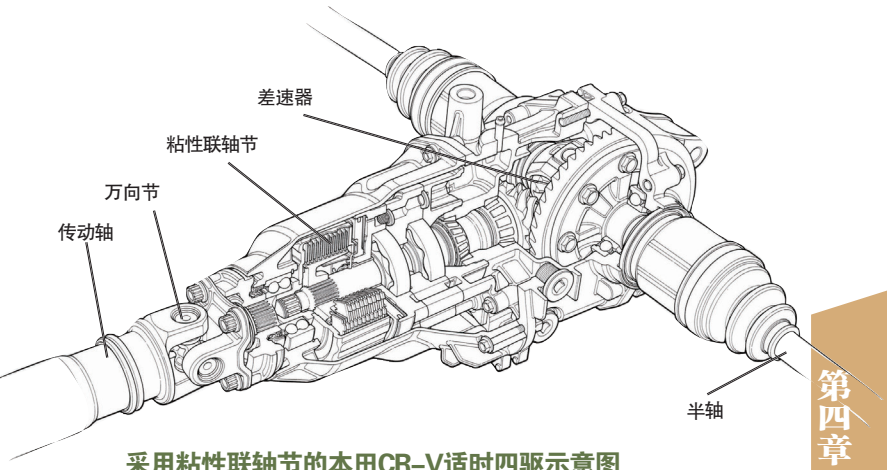
62

什么是适时四驱？

所谓适时四驱，就是说在不需要四驱的时候采用两轮驱动，需要四驱的时候汽车会自动采用四轮驱动。它与分时四驱最大的区别就是这一切都是系统自动完成切换的，不需要人为控制。因此，适时四驱的操作十分简便，它与驾驶两驱车几乎没有太大区别。

除了操作简便，适时四驱还有一个很大的好处就是不太费油。与其他种类的四驱相比，适时四驱由于在正常状态下采用的是两轮驱动，只有当驱动轮打滑时，从动轮才会介入，而在公路行驶时，驱动轮打滑的概率非常低，所以它的燃油消耗十分接近两驱车。

不仅如此，适时四驱的传动系统也非常容易布置，它只需要从前驱动桥引一根传动轴，并通过一个多片耦合器连接到后桥即可。所以它可以在原有前置前驱平台上改进而来，制造成本相对低廉，使得适时四驱广泛应用在一些城市 SUV 和轿车上。但由于适时四驱是在主动轮失去抓地力以后，从动轮才会被动介入，因此它的响应速度稍慢，相对而言，其主动安全性不如全时四驱好。



采用粘性联轴节的本田CR-V适时四驱示意图

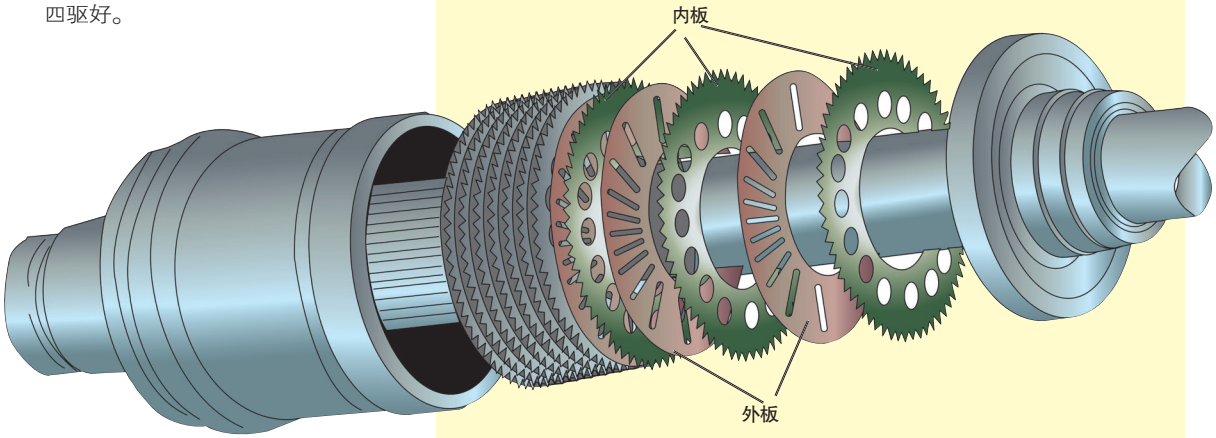
你知道吗？Do You Know

粘性联轴节

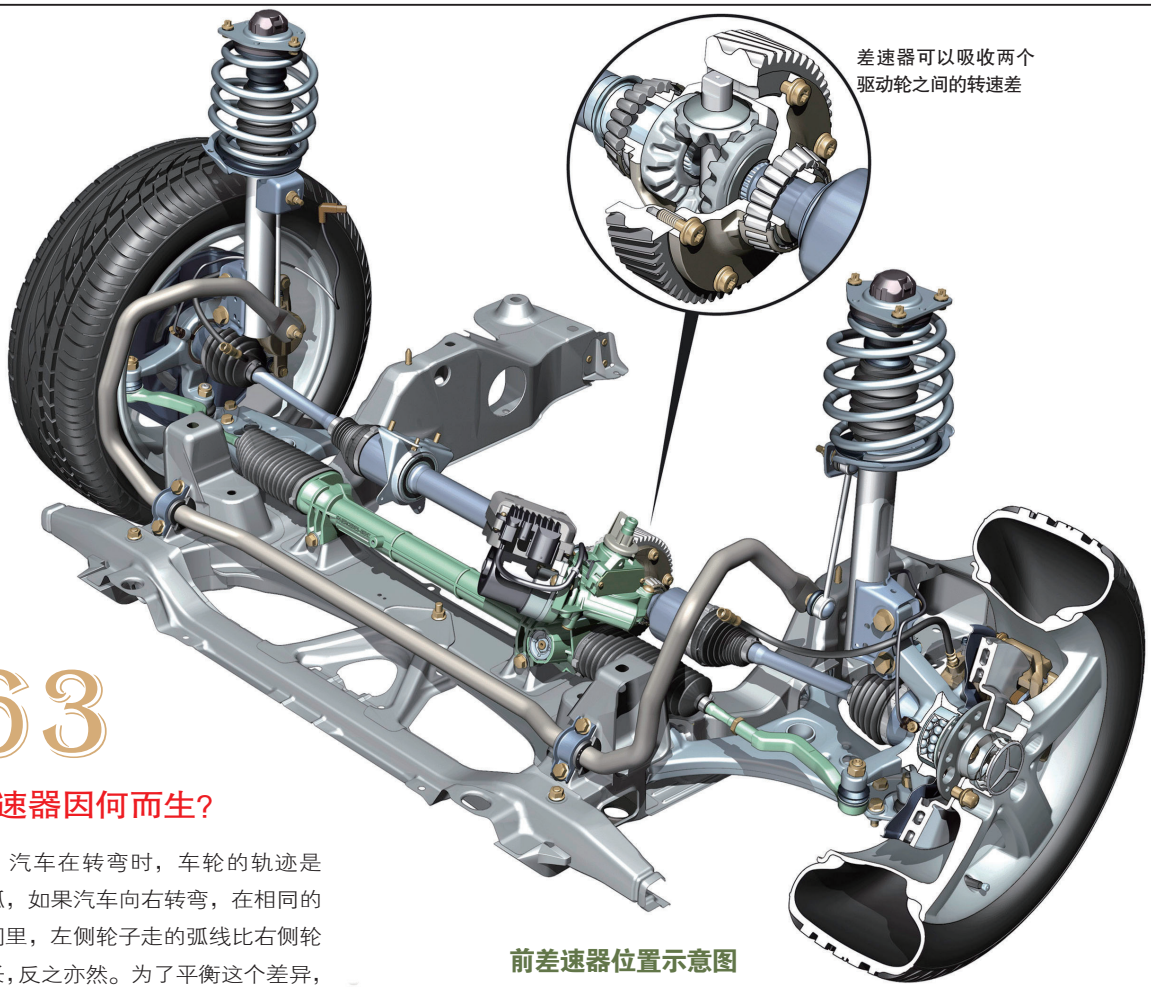
适时四驱系统平时一般是前轮驱动，当前轮开始打滑后，可以利用多片耦合器（也称粘性联轴节）自身的机械原理，实现向后轮分配驱动力，从而实现四轮驱动，如本田 CR-V 就是采用这种四驱系统。

粘性联轴节的输入轴上装有许多内板，插在输出轴壳体内的许多外板当中，并充入高粘度的硅油。粘性联轴节的输入轴与变速器的动力输出端相连，输出轴则与后驱动桥相连。在正常行驶时，前后车轮没有转速差，输入轴上的内板和输出轴上的外板之间没有运动，因此粘性联轴节不起作用，发动机的动力不分配给后轮，汽车仍然相当于一辆前轮驱动汽车。

当前轮出现打滑空转时，前轮和后轮之间出现较大的转速差，粘性联轴节的内板、外板之间就会产生相对运动，就会搅动硅油，而硅油具有“越搅越粘”的特点，这就会使硅油产生极大的粘性阻力，此原理就如同用勺子搅动瓶子里的稠蜂蜜时瓶子也会跟着转动一样，粘稠的硅油就会阻止内板和外板间的相对运动，这样，就自动把动力传送给后轮，汽车就转变成四轮驱动汽车。



粘性联轴节构造示意图



前差速器位置示意图

63

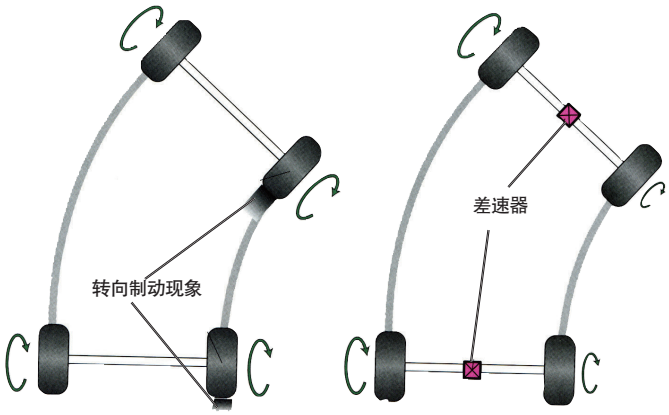
差速器因何而生?

汽车在转弯时，车轮的轨迹是圆弧，如果汽车向右转弯，在相同的时间里，左侧轮子走的弧线比右侧轮子长，反之亦然。为了平衡这个差异，就要左侧轮子快一点，右侧轮子慢一点，否则就会产生所谓的转向干涉现象，使汽车转向困难，就像同时踩制动一样，因此也称转向制动现象。

非驱动轮由于左右两侧的车轮相互独立，因此不存在转向干涉现象。但驱动桥两侧的车轮如果用一根轴刚性连接，两个车轮只能以相同的速度旋转，当汽车转向时，就会出现转向干涉现象。为了使驱动轮两侧车轮的转速可以有所不同，人们便发明了差速器。它可以允许两侧的驱动轮以不同转速行驶。

布置在前驱动桥或后驱动桥的差速器，分别称为前差速器或后差速器，它们都是轮间差速器。

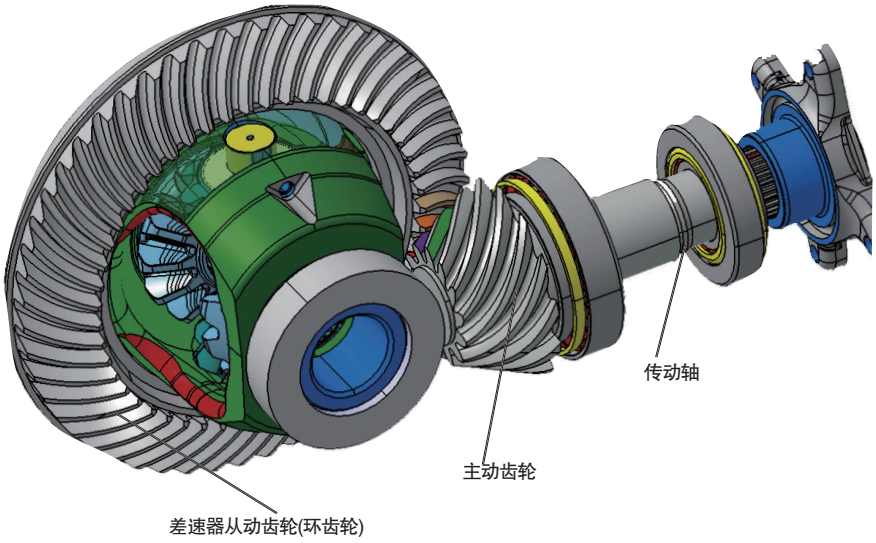
如果将它布置在四驱汽车的中间传动轴上，用来调节前轮和后轮之间的转速，则称为中央差速器。



如果左右驱动轮中间没有差速器，那么驱动轮的内侧轮和外侧轮之间的转速差就无法吸收，结果便会导致内侧轮“制动”现象

如果左右驱动轮中间装有差速器，那么驱动轮的内侧轮和外侧轮之间的转速差就可以由差速器吸收，这样车轮运转便会较为顺畅

差速器作用示意图



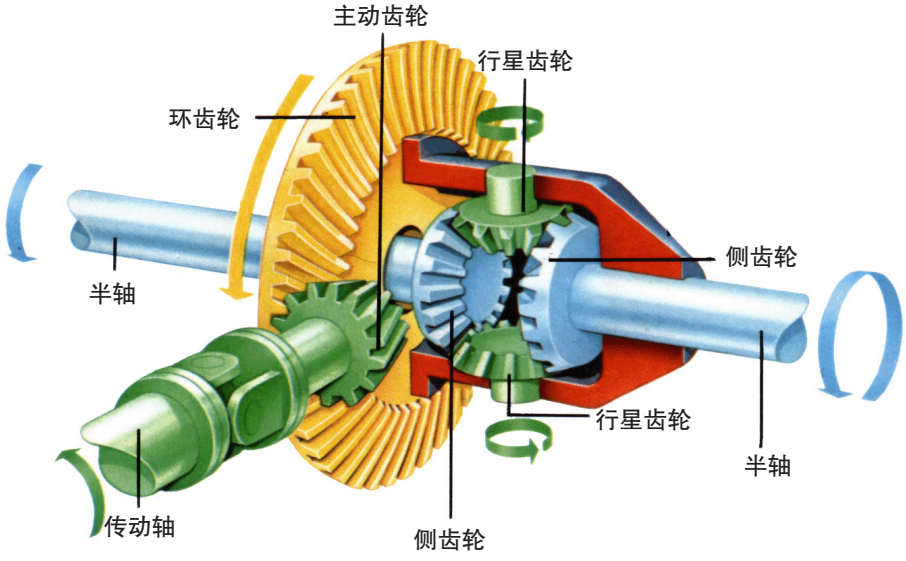
64

差速器如何差速?

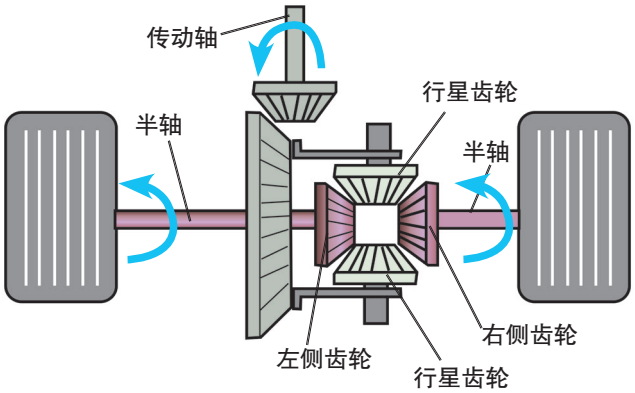
如果不看到实物，你很难理解差速器的工作原理。因为你从图片上无论如何都看不到整个差速器的部件，它是个封闭体，你看到的只能是部分结构。最普通的差速器由 4 个伞形齿轮组成，左右两个侧齿轮分别与左右驱动轮相连，另外 2 个小伞齿轮（也称行星齿轮）则夹在左右侧齿轮中间。4 个伞形齿轮合扣在一起。2 个行星齿轮与外面的环齿轮相连，而环齿轮则由传动轴驱动旋转。

当汽车直线行驶时，传动轴过来的驱动力转向 90° 传递到环齿轮上，环齿轮带动 2 个行星齿轮一起旋转（和车轮旋转方向一样），并带动侧齿轮旋转，从而驱动车轮前进。此时由于是直线行驶，左右两个驱动轮所遇到的阻力一样，因此，中间 2 个行星齿轮并不自转。

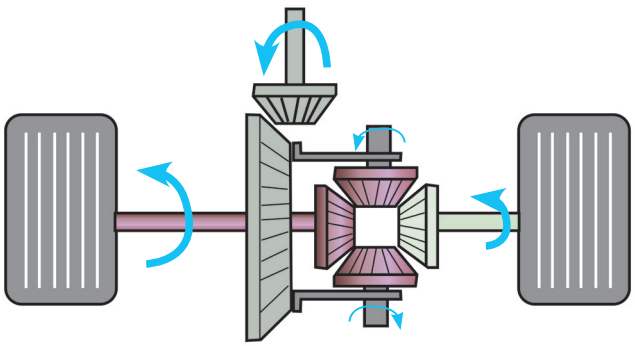
当汽车转弯时，左右车轮遇到的阻力就不同，左侧齿轮和右侧齿轮间就会产生阻力差，它便会使中间 2 个行星齿轮在绕半轴旋转的同时还要产生自转，从而吸收阻力差，使左右车轮能够以不同的速度旋转，让汽车顺利转弯。



差速器构造图

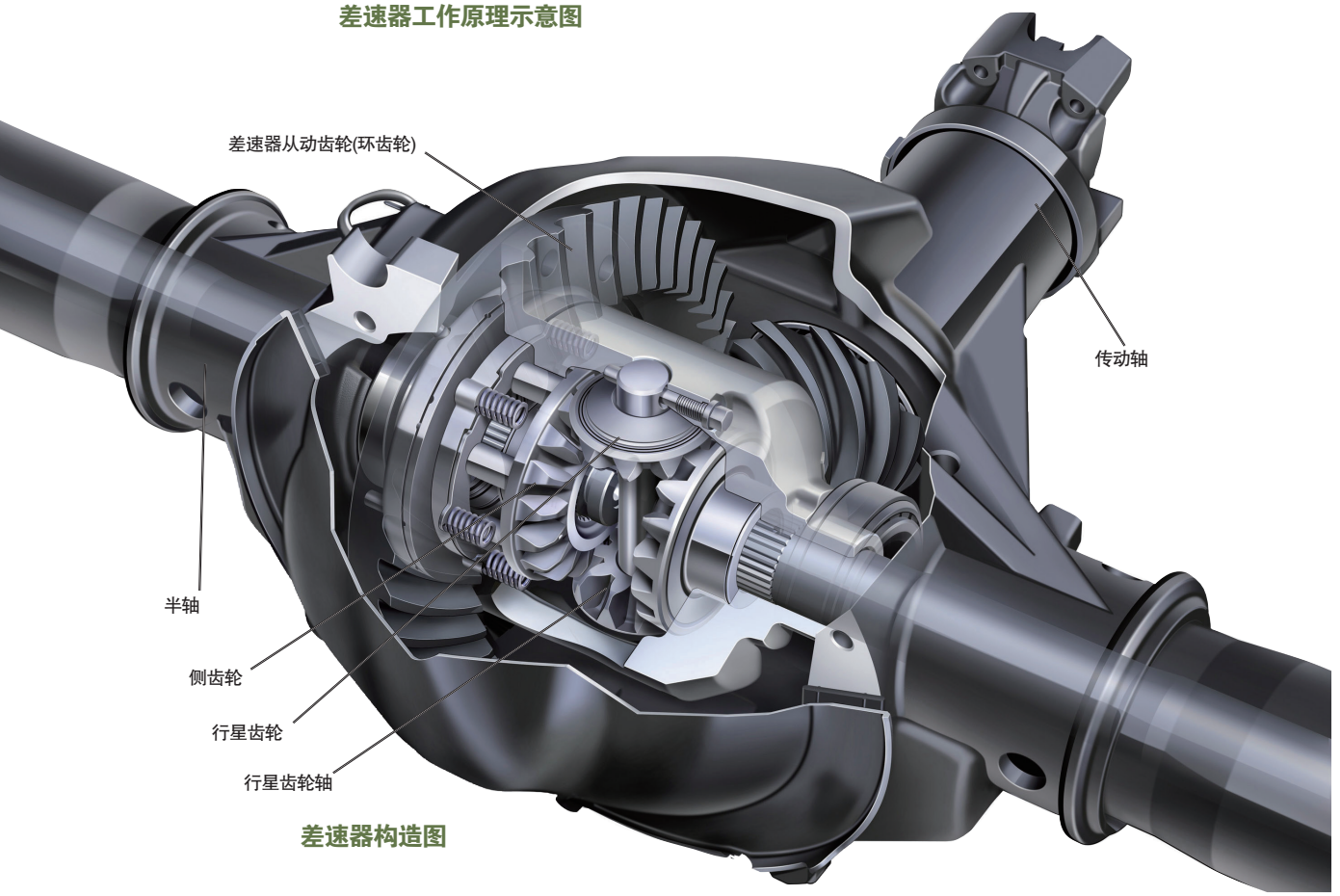


当直线行驶时，左右驱动轮的转速相同，两个侧齿轮的转速也相同，中间的行星齿轮没有自转，只是在两个侧齿轮之间公转



当车辆向右转弯时，左侧驱动轮的转速高，右侧驱动轮的转速低，致使左侧齿轮转速大于右侧齿轮，进而导致一直公转的行星齿轮也开始自转

差速器工作原理示意图



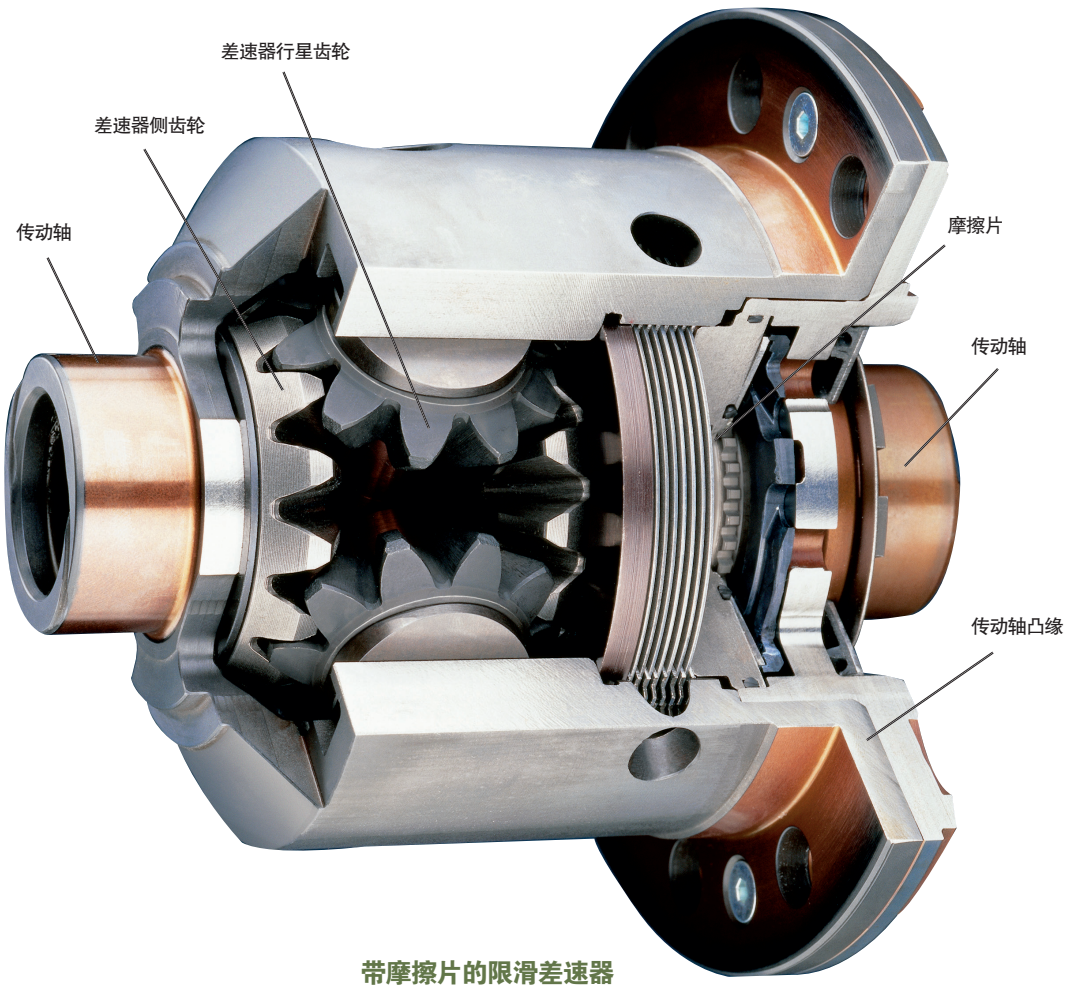
差速器构造图

65

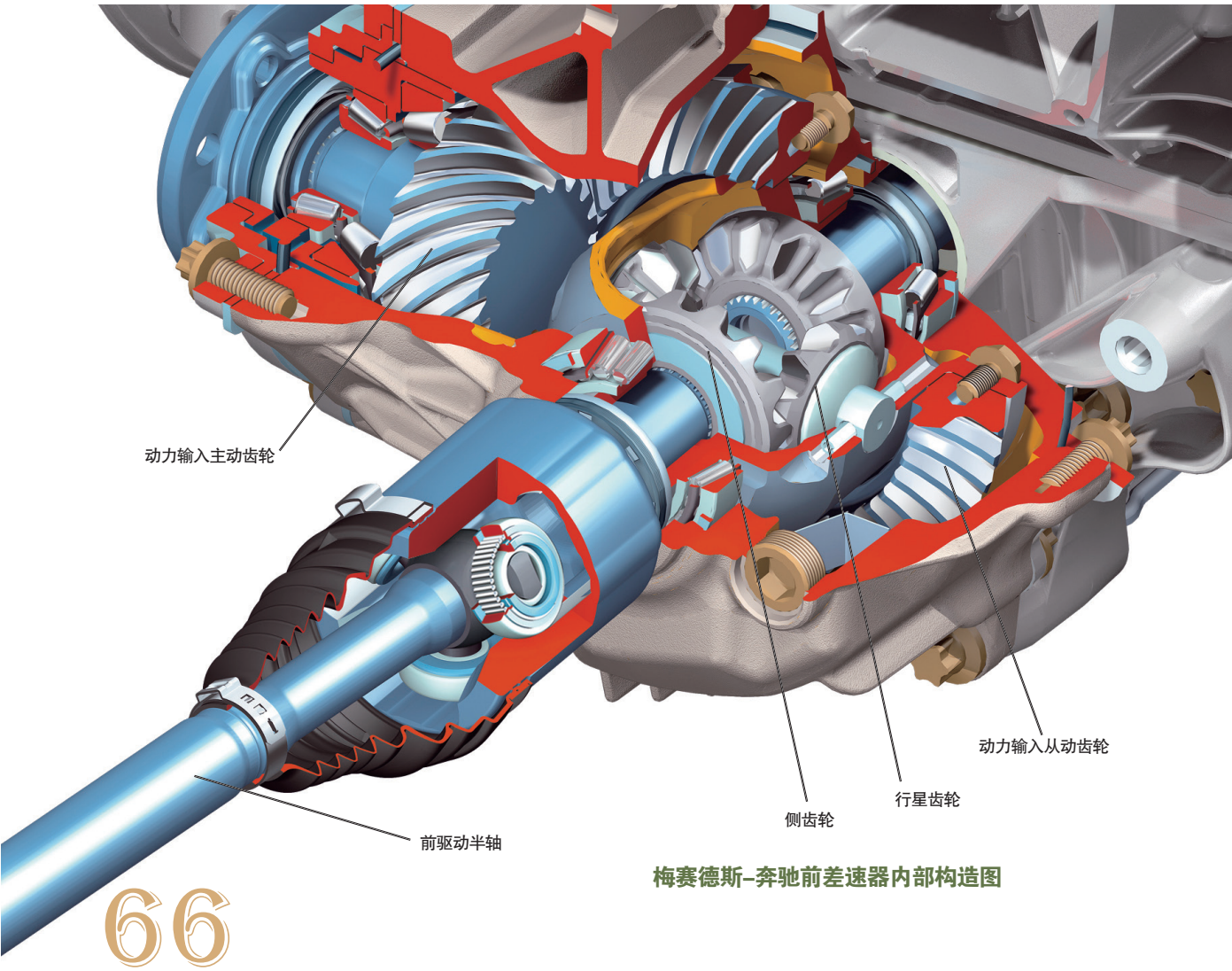
限滑差速器如何限滑?

为了克服差速器可能造成车轮打滑而无法脱困的弱点，人们发明了差速器锁。但是，当中央差速器的锁死装置在分离和接合时，会影响汽车的行驶稳定性，许多四驱汽车在锁死差速器时都要求降低车速甚至停车后才能操作。后来人们又发明了限滑差速器（LSD），它的启动更柔和，对行驶稳定性和舒适性较为有利，城市 SUV 和四驱轿车基本都采用限滑差速器。

限滑差速器壳体中有多片离合器。通过这些多片离合器，中央差速器可以自动按照比例主动向前后桥分配动力。一旦某一组车轮打滑，利用轮速差的作用，限滑差速器会自动把部分动力分配给不打滑的那组车轮。不过，限滑差速器往往是通过摩擦片来实现动力分配的，所以在重负荷、高强度越野时，由于摩擦片的长时间工作会产生高温，从而影响到可靠性。因此即使配备了限滑差速器的四驱汽车，也会再配置一个中央差速锁，在高强度、重负荷的越野路况时使用。



带摩擦片的限滑差速器



梅赛德斯–奔驰前差速器内部构造图

66 为何要将差速器锁死？

差速器是一种巧妙的机械结构，它能把相同大小的驱动力分配给两个转速不同的轴，从而可使两轴的转速不一样。但也正因为这个特点，如果一根半轴上的车轮打滑时，或者说一根半轴上的驱动力为零时，由于差速器具有保证两轴驱动力相等的作用，不打滑的驱动轮上的驱动力势必也要为零。这样的结果是，汽车仍不能从困境中脱险。此时无论如何踩加速踏板也不能使汽车前进，只能想法在打滑车轮下垫干土、碎石、树枝、干草等，增大打滑车轮的行驶阻力，让差速器将驱动力进行重新分配，以使汽车脱离险境。

为了应对差速器的这个弱点，解决方案之一是采用限滑差速器（LSD），减小差速器的作用；另一个方案就是干脆将差速器锁死，不让它起丝毫的差速作用。

如果将轮间差速器锁死，则左右两个车轮会同速旋转；如果将轴间差速器（又称中央差速器）锁死，则前轮和后轮保持同样转速。如能将四驱车的前差速器、后差速器和中央差速器全部锁死，那么，即使有 3 个车轮打滑，汽车也能摆脱困境。

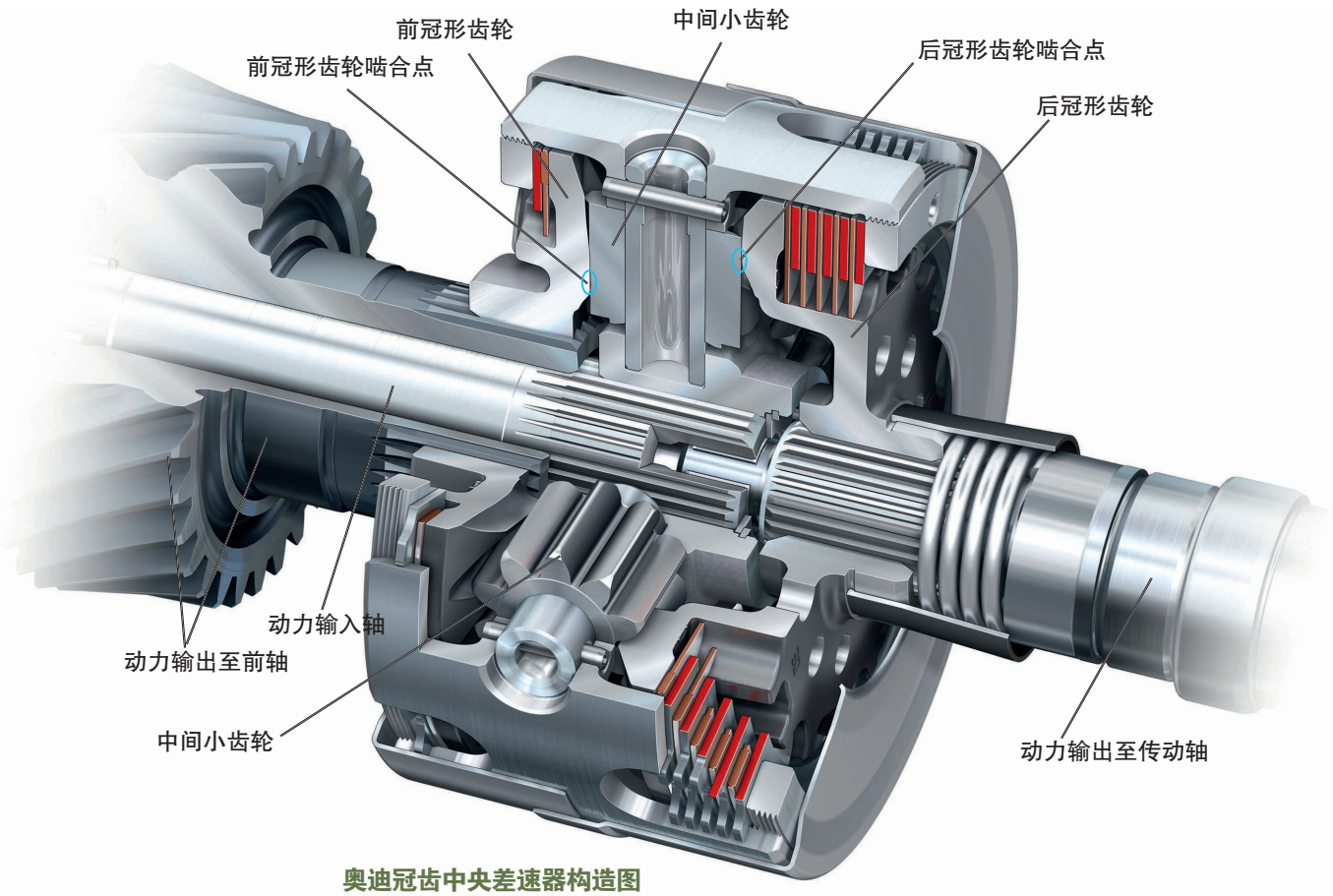
在一些越野性能较强的全时四轮驱动汽车上，一般都设有差速器锁死开关（LOCK），以防车轮打滑

67 什么是冠齿中央差速器?

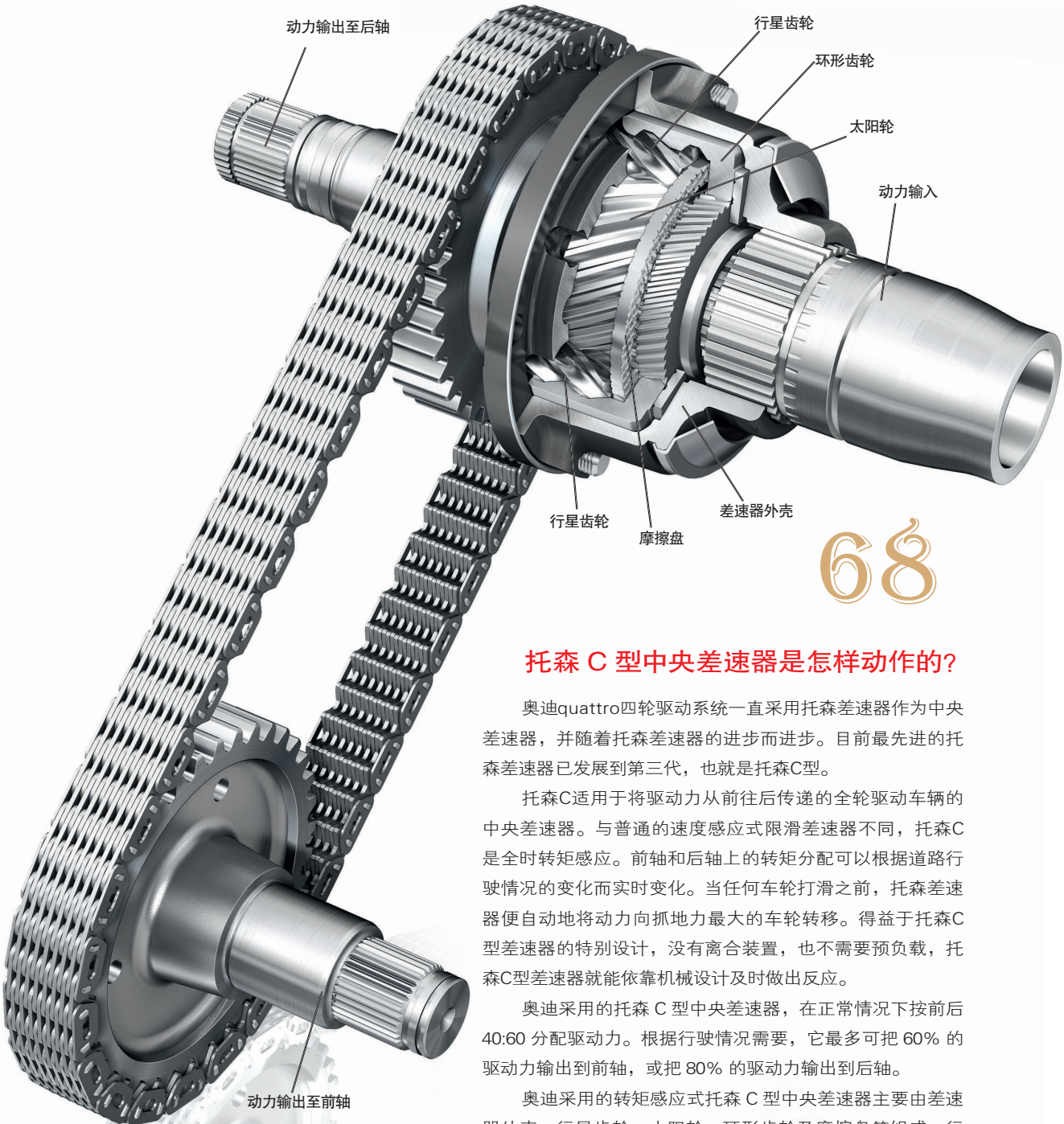
当我们还没完全弄明白托森 C 型差速器是怎么回事的时候，奥迪又推出最新一代的中央差速器，并已装备在 RS5、A7 和最新款 A6 轿车上。它比奥迪现在正使用的托森 C 型中央差速器性能更好，重量更轻。正如其名称所示，冠齿差速器中有两个冠形齿轮并相扣在一起。它们的外侧分别通过平行轴与前传动轴和后传动轴相连，分别负责向前轮和后轮传递驱动力。它们的内侧则与组成十字形的四个小齿轮啮合。

但是，请注意，由于两个冠形齿轮与中间小齿轮的啮合点高低不同，“后冠形齿轮”的啮合点高，“前冠形齿轮”的啮合点低，而且高低之比为 60:40，根据杠杆原理，“力臂”更长的“后冠形齿轮”得到的力矩就较大，并且与“前冠形齿轮”所得的力矩之比为 60:40。因此，在正常条件下，虽然两个冠形齿轮以同样转速旋转（四个小齿轮自身并不旋转），但向后轴和前轴传递的动力却不同，而且后轴 / 前轴的驱动力比为 60:40。

当某个车轴出现滑动时，两个冠形齿轮的转速就会不同，导致四个小齿轮产生自转，进而导致两端的离合器片（图中红色）相互挤压，从而产生自锁反应，最终改变传向后轴和前轴的驱动力分配比例，并且使后轴 / 前轴的驱动力比例可以在 85:15 到 30:70 之间连续变化。



奥迪冠齿中央差速器构造图



用于中央差速器的托森C型差速器

68

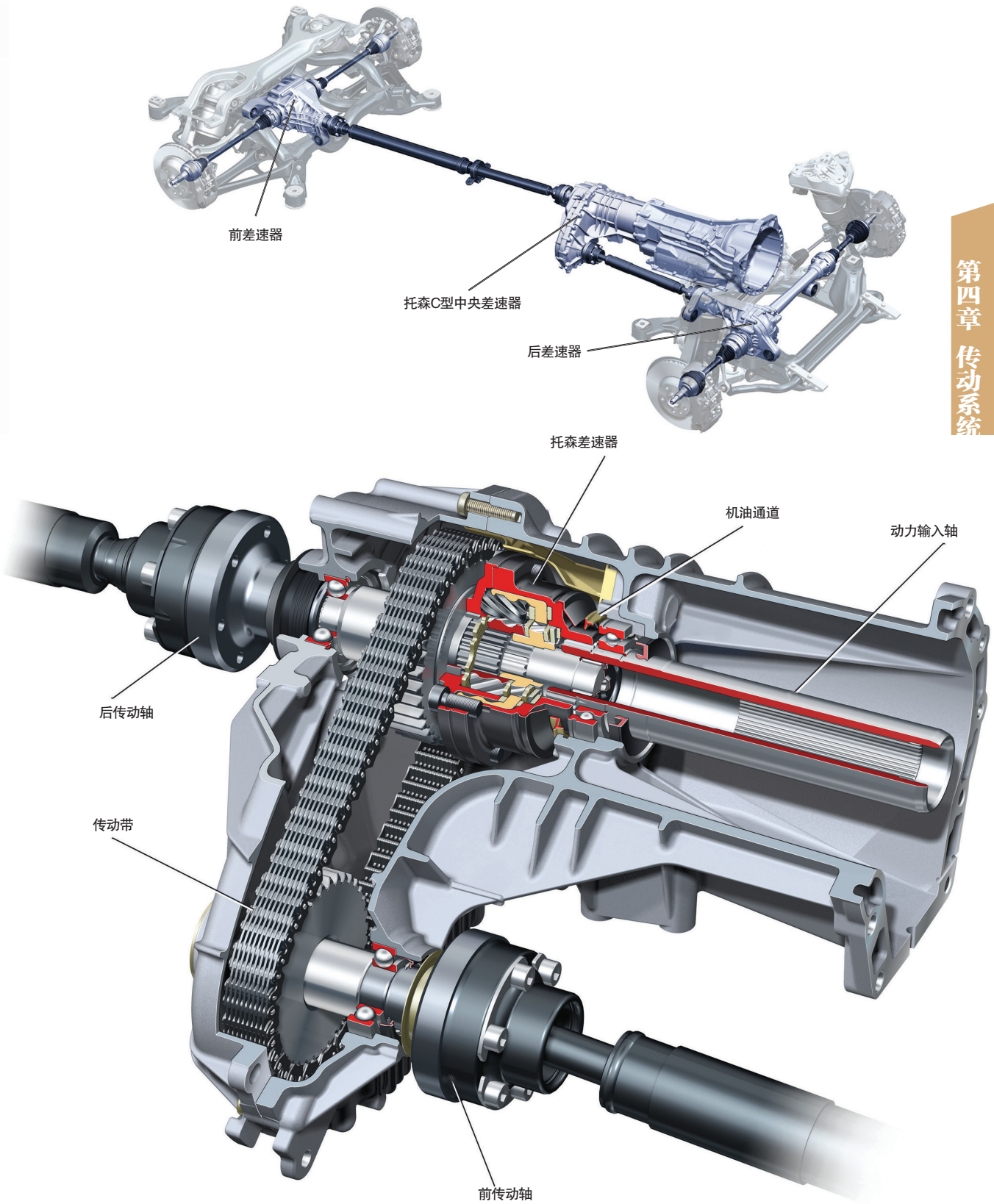
托森 C 型中央差速器是怎样动作的?

奥迪quattro四轮驱动系统一直采用托森差速器作为中央差速器，并随着托森差速器的进步而进步。目前最先进的托森差速器已发展到第三代，也就是托森C型。

托森C适用于将驱动力从前往后传递的全轮驱动车辆的中央差速器。与普通的速度感应式限滑差速器不同，托森C是全时转矩感应。前轴和后轴上的转矩分配可以根据道路行驶情况的变化而实时变化。当任何车轮打滑之前，托森差速器便自动地将动力向抓地力最大的车轮转移。得益于托森C型差速器的特别设计，没有离合装置，也不需要预负载，托森C型差速器就能依靠机械设计及时做出反应。

奥迪采用的托森 C 型中央差速器，在正常情况下按前后 40:60 分配驱动力。根据行驶情况需要，它最多可把 60% 的驱动力输出到前轴，或把 80% 的驱动力输出到后轴。

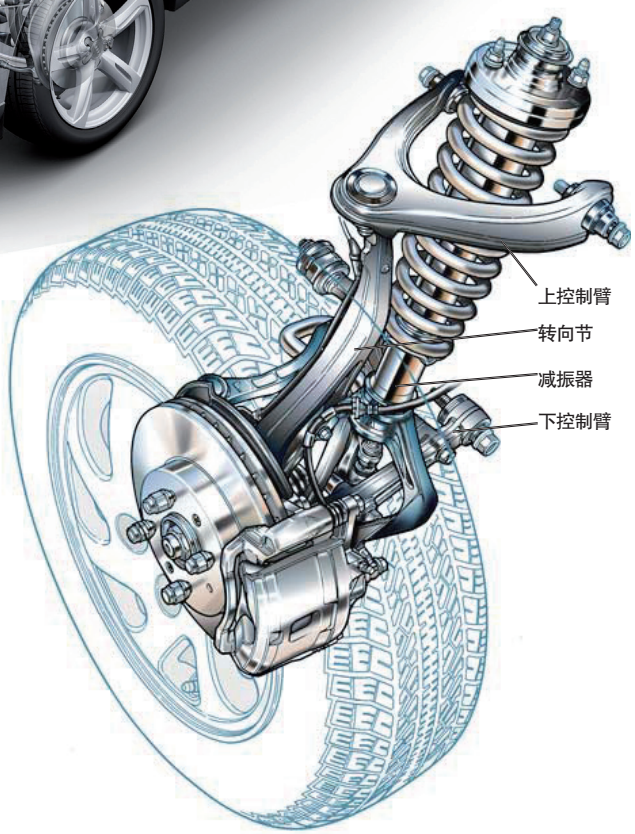
奥迪采用的转矩感应式托森 C 型中央差速器主要由差速器外壳、行星齿轮、太阳轮、环形齿轮及摩擦盘等组成。行星齿轮与环形齿轮、太阳轮内外相互啮合。太阳轮和环形齿轮分别与前驱动轴和后驱动轴的动力连接。当环形齿轮与太阳轮的转速不等时（某一驱动轴有打滑趋势），行星齿轮会被迫产生自转运动，这个自转运动又会导致与环形齿轮或太阳轮的轴向相对运动。轴向运动的压力对安装在装置内的摩擦盘施加压力，产生内摩擦力，因此限制了相对运动，也就限制了打滑驱动轴的运动，从而增加不打滑驱动轴的转矩。



用于中央差速器的托森C型差速器

第五章 Suspension
悬架系统

悬架就是汽车的腿，车轮则是汽车的脚。
对于以奔跑为己任的汽车来讲，
悬架的重要性可想而知。
不同用途的汽车，对悬架的性能要求也不同，
不同构造的悬架，其成本、性能也不尽相同。
可以说，悬架直接决定汽车的性能取向。



69 悬架起什么作用?

悬架是指车轮与车身之间连接的部分，因此，如果从形式上看，它有两个主要作用：一是将车轮挂在车身下面；二是将车身支撑在车轮上面，起到“启下承上”的作用。

如果从悬架自身性能上看，它主要起两大作用：一是减振作用，这也是当初之所以在汽车上采用悬架的主要原因；二是支撑作用，它要对庞大的车身起到支撑作用，你总不能将车身直接放在车轮上吧。

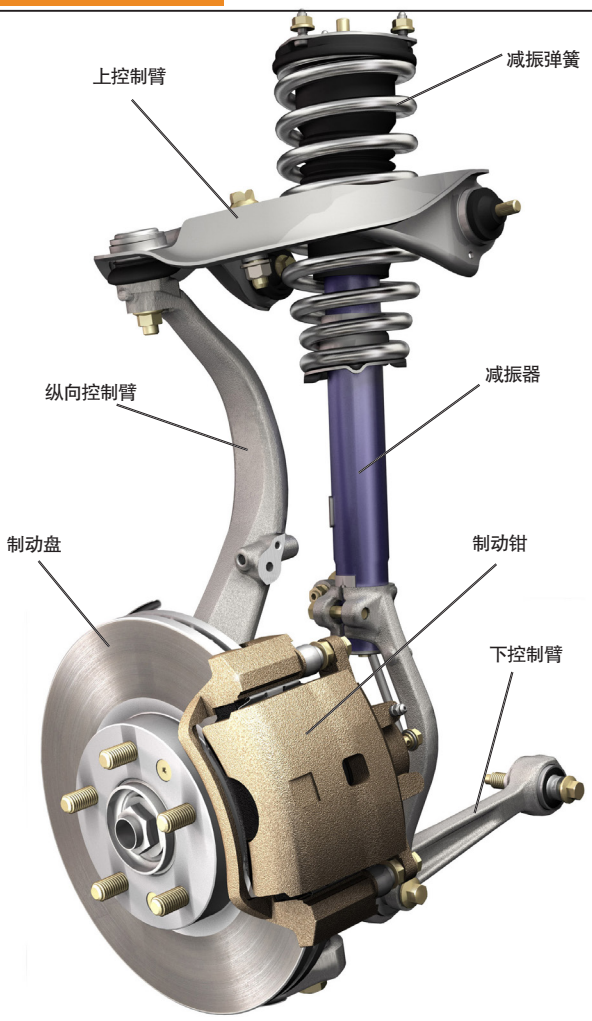
70 悬架都由什么部件组成?

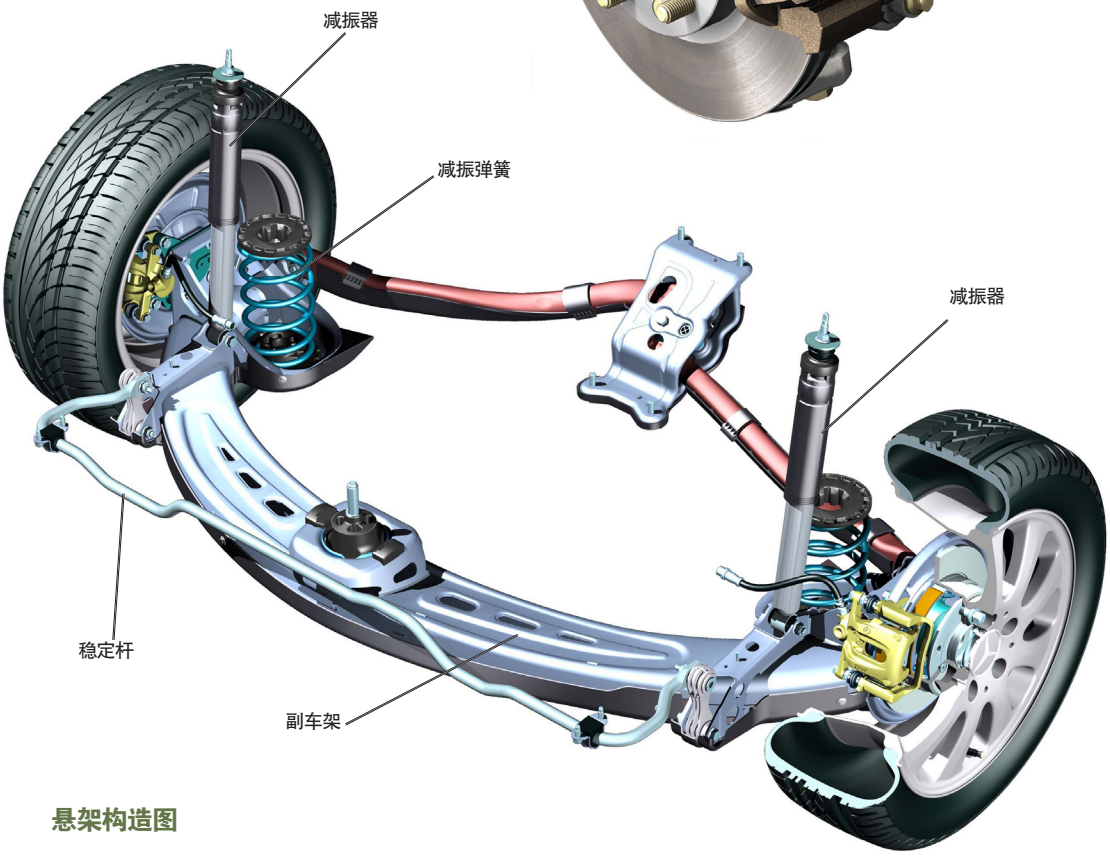
悬架系统包括三种部件，连杆、弹簧和减振器。

连接车轮和车架的连杆，它控制了车轮运动的方式和角度，我们常听到的双臂式、单臂式、多连杆式等，就是指连杆的种类。

位于连杆与车架之间的弹簧，用来支持车身的重量，也可在车轮通过凸凹不平的障碍时发挥缓冲作用。弹簧的种类很多，有螺旋式、钢板式、扭力杆式，甚至是一种橡胶或者是一个充满空气的胶囊。

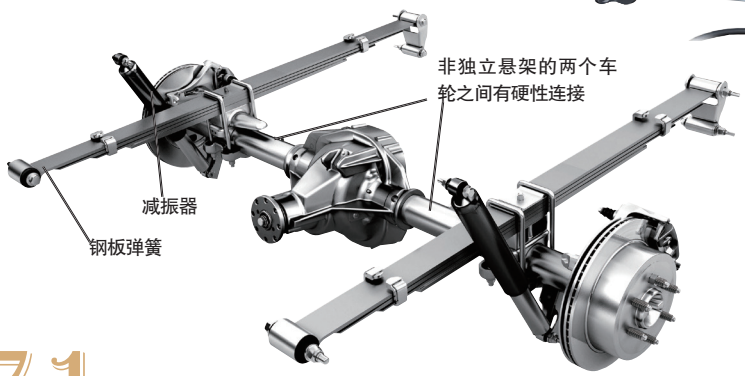
减振器的功能是抑制弹簧的过分振荡，除了能稳定车身，更重要的是确保车轮与地面有良好的接触。减振器有液压式的，也有充气式的，还有电磁式的。一般来讲，充气式和电磁式的减振器还可随行车情况而主动调节减振器的性能，实时改变减振器的阻尼系数。





悬架构造图

独立悬架构造图



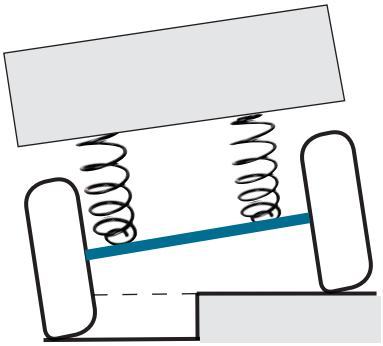
非独立悬架构造图

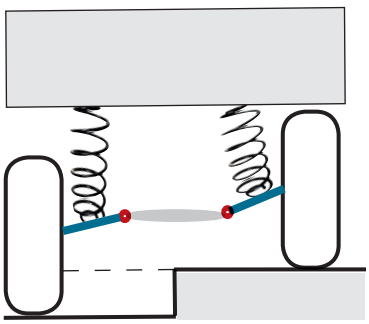
71 怎样区分独立悬架和非独立悬架?

汽车悬架可按多种形式划分，但主要的是按独立和非独立方式来划分悬架。简单地说，左右两个车轮之间没有硬轴连接，一侧车轮的悬架部件全部都只与车身相连的情况下，可以定义为独立悬架。“非”者不也，非独立悬架则是指两个车轮之间不是独立的，两侧车轮之间有硬性连接物，并且会导致相互干涉。

独立悬架由于车轮之间没有干涉，可以调校出更好的舒适性和操控性，而非独立悬架则由于结构简单，可以获得更好的刚性和通过性。目前绝大多数乘用车的前悬架都是独立式的，后悬架则各有不同。

如果没有悬架吸收路面带来的振动，快速奔跑的汽车会非常颠簸，可能也就失去了使用价值

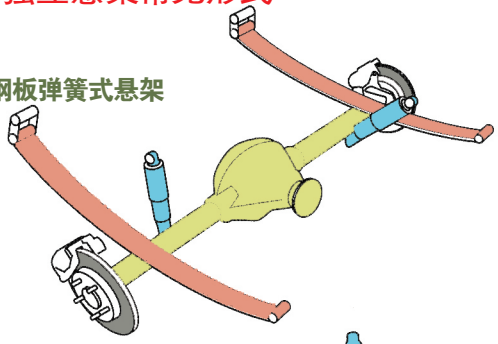




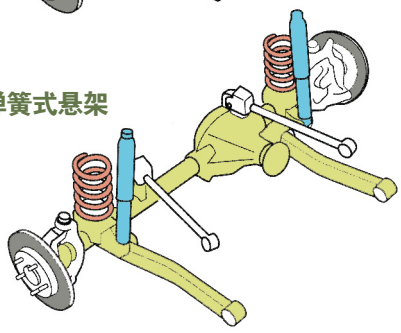
独立悬架的两侧车轮间没有硬连接，当一个轮子跳动时，另个轮子不会跟着跳动。因此，两侧车轮可以各自保持相互独立，都可以尽量与地面保持垂直状态，使轮胎与地面的接触面积较大，保证轮胎的抓地力和行驶稳定性

非独立悬架常见形式

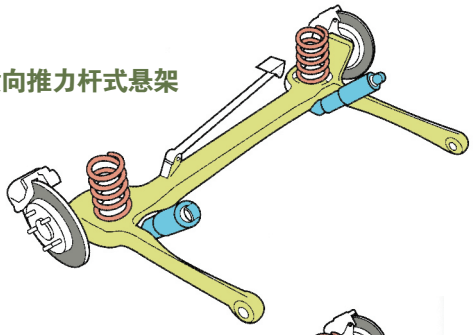
钢板弹簧式悬架



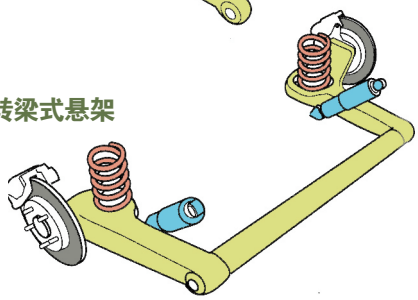
螺旋弹簧式悬架



横向推力杆式悬架

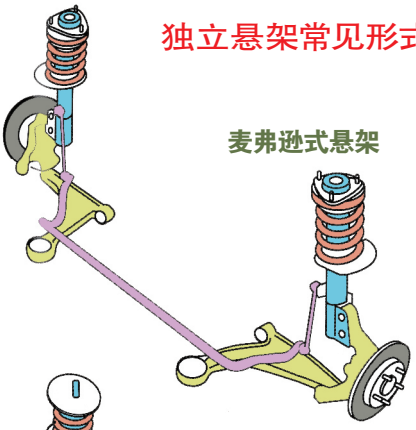


扭转梁式悬架

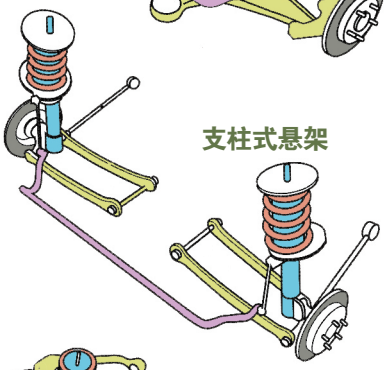


独立悬架常见形式

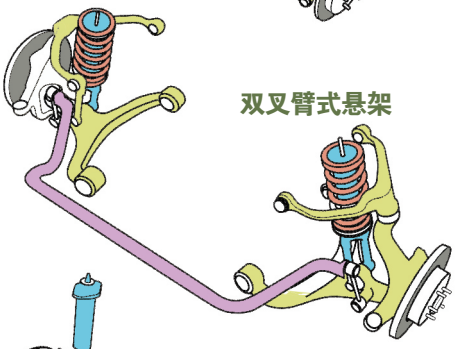
麦弗逊式悬架



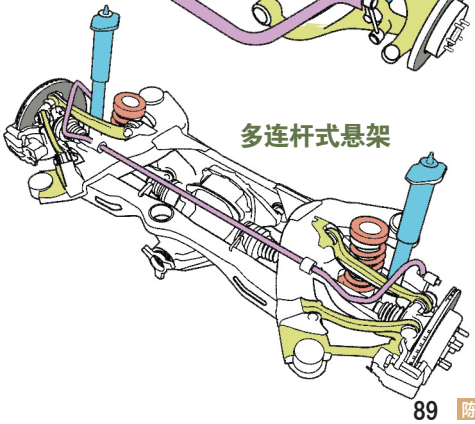
支柱式悬架

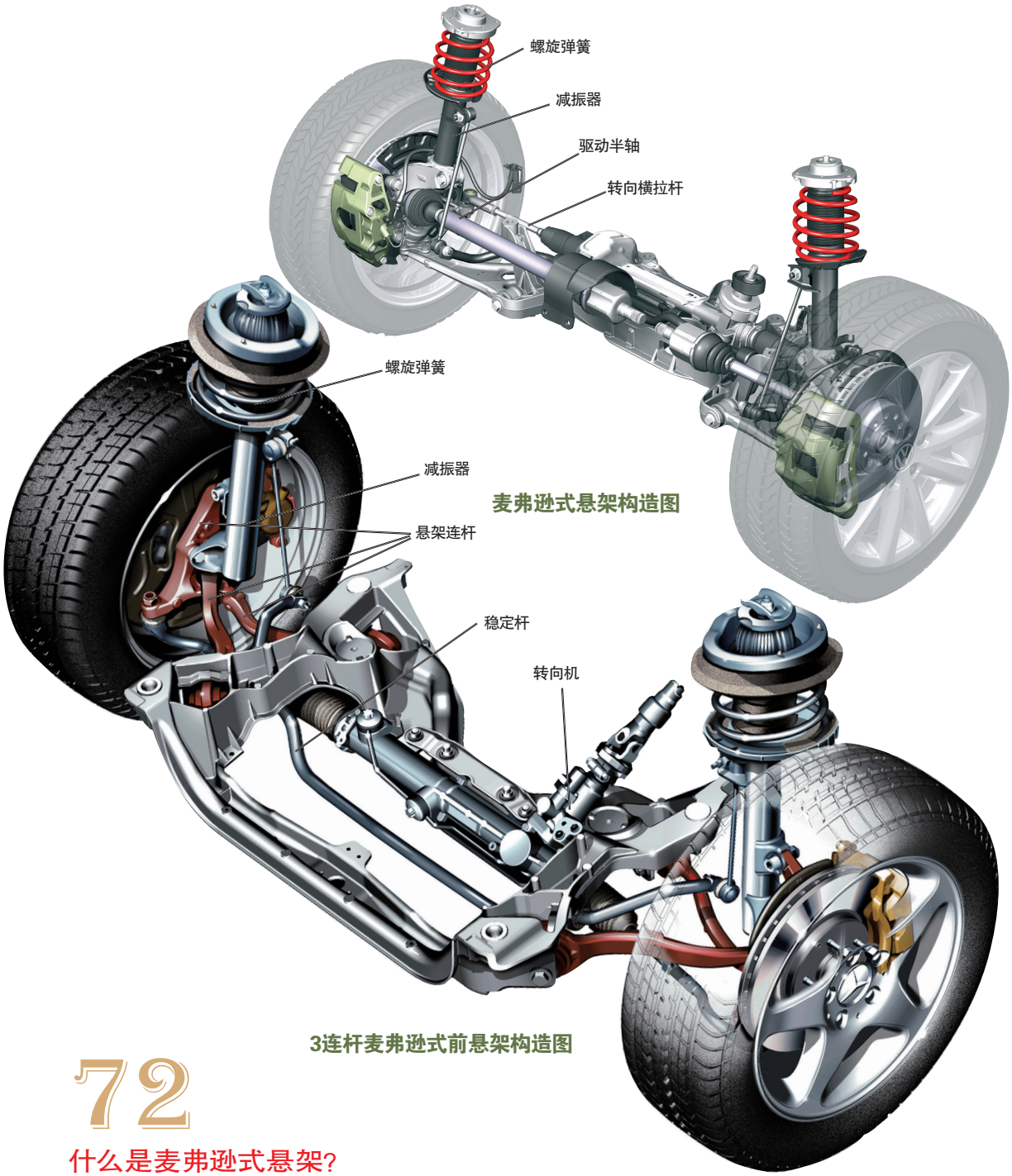


双叉臂式悬架



多连杆式悬架





麦弗逊式悬架构造图

3连杆麦弗逊式前悬架构造图

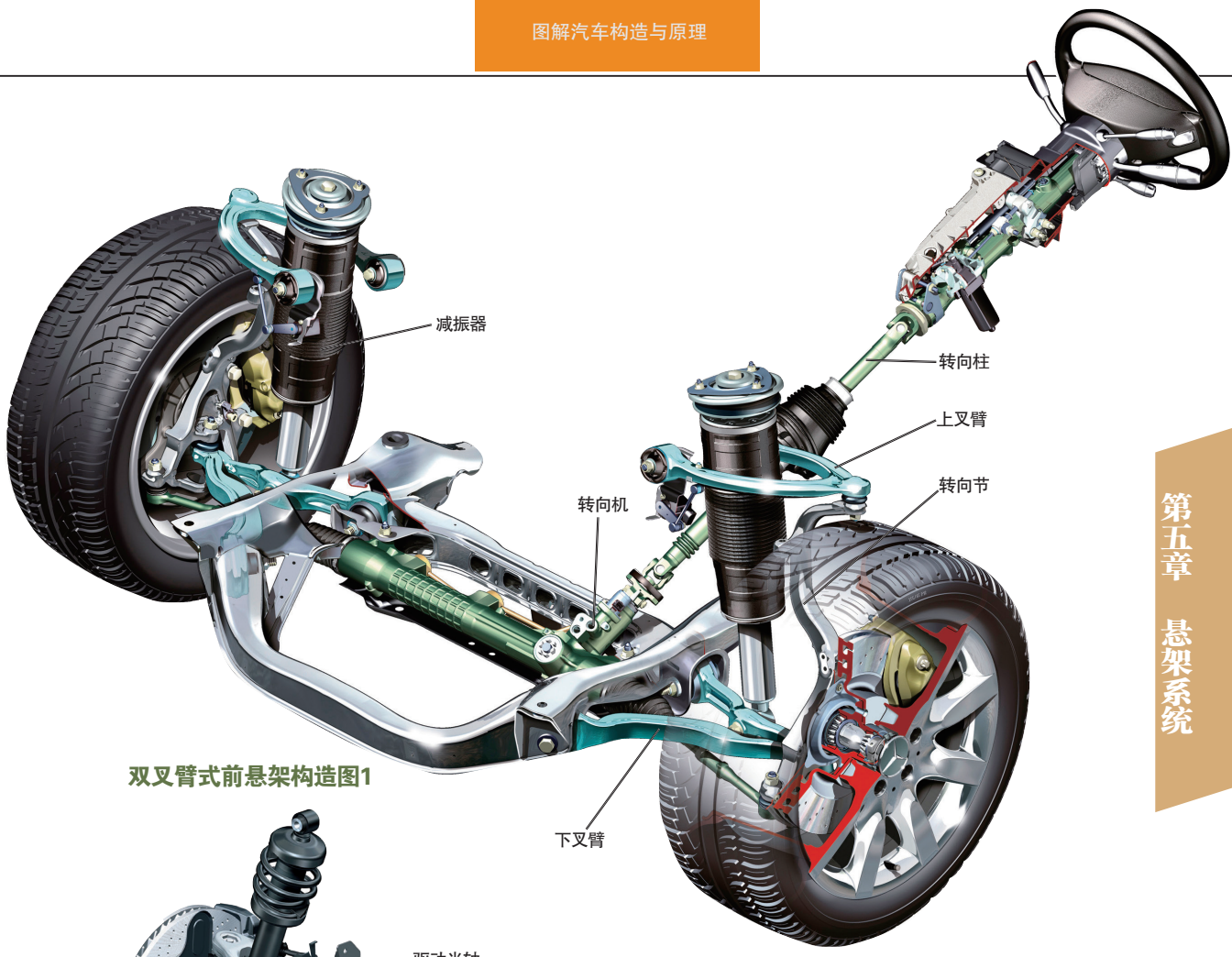
72

什么是麦弗逊式悬架?

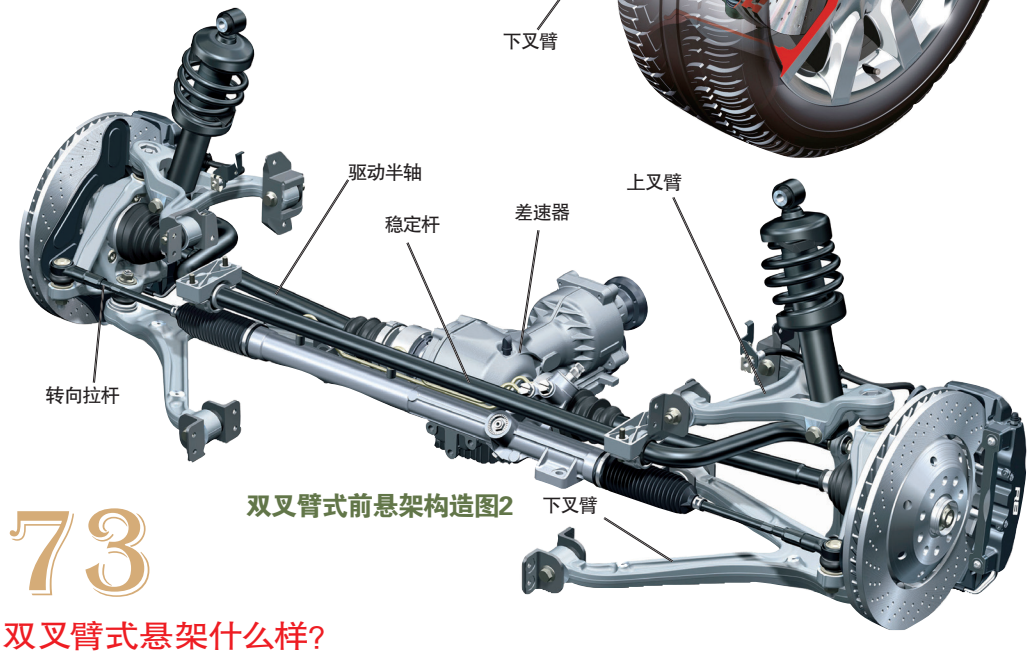
麦弗逊式悬架由 A 臂与减振支柱共同组成，车轮的上部通过一根减振支柱与车身相连，下部的连接部件则是一根 A 字形摇臂。

上部的减振支柱集成了弹簧和减振器，这根支柱不仅承担车体、减振的任务，而且还要承受车轮上端的横向力。下部的 A 臂则可以承担车轮下端的横向力和纵向力。

连杆支柱式悬架则是麦弗逊式悬架的变种，一般出现在后悬架中，它的下部不再是 A 臂，而是两根平行连杆和一根纵向拉杆。



双叉臂式前悬架构造图1

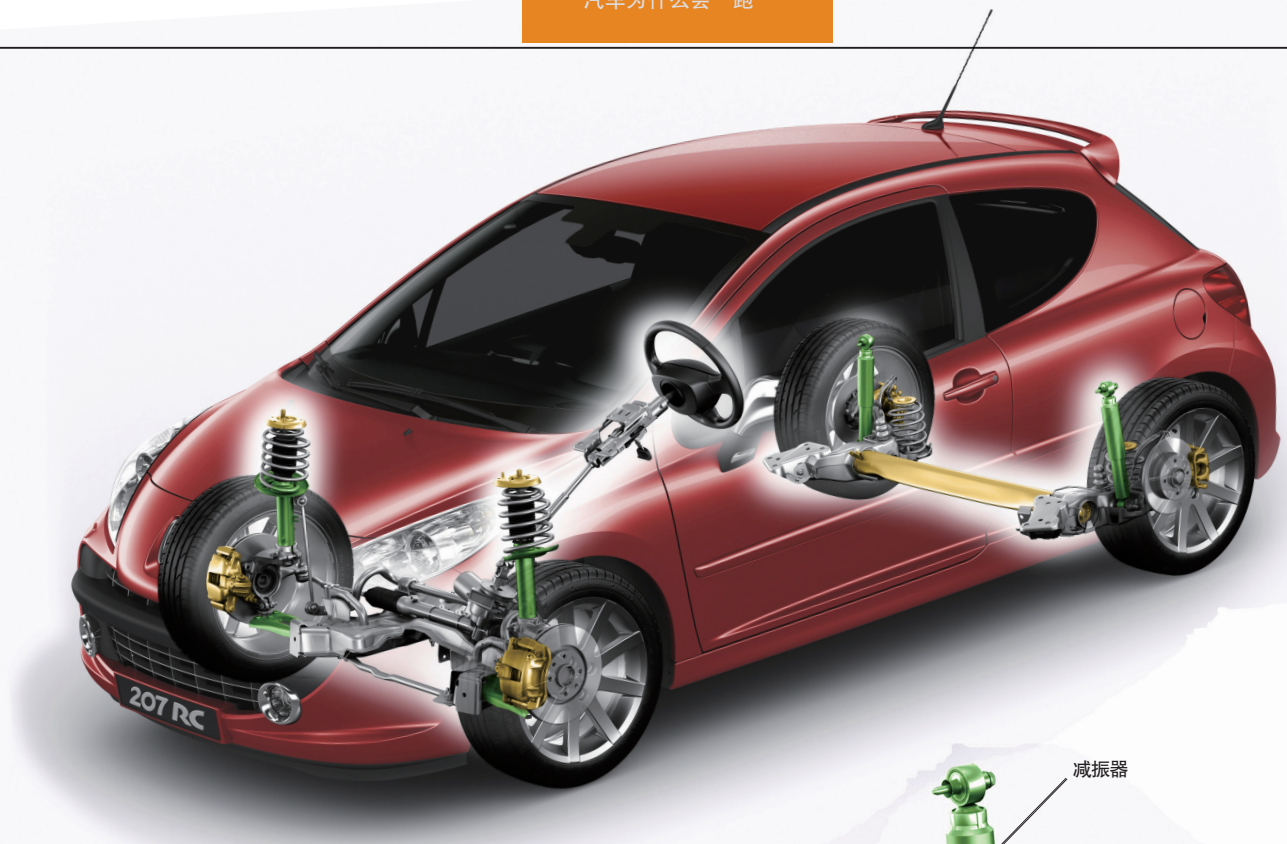


双叉臂式前悬架构造图2

73 双叉臂式悬架什么样?

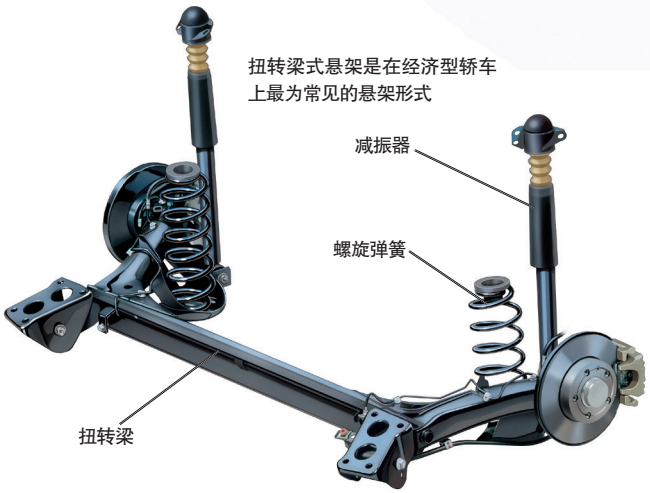
双叉臂式又称双 A 臂、双横臂式悬架，它的下部结构与麦弗逊式悬架一样，为一根 A 臂 (或称叉臂)，同时车轮上部也有一根 A 臂与车身相连。减振弹簧和减振器，则一般与下 A 臂相连。此时的减振支柱只负责支撑车体和减振任务，车轮的横向力纵向力，则都由 A 臂来完成。

从结构可以看出，这种悬架的强度和耐冲击力都要比麦弗逊式悬架强很多。其强度高的特点被 SUV 设计师看重，这也是为何我们在大多数 SUV 上都能看到它身影的原因。另外由于轮胎上下均有 A 臂支撑，在悬架被压缩的时候，两组 A 臂会形成反向力，从而可以很好地抑制侧倾和制动点头等问题。在弯道上，由于支撑力强，也有利于轮胎定位的精准化，从而可以提高过弯极限，因此它也得到高级别轿车和跑车设计师的青睐。



前麦弗逊、后扭转梁式悬架构造图

扭转梁式后悬架构造图1

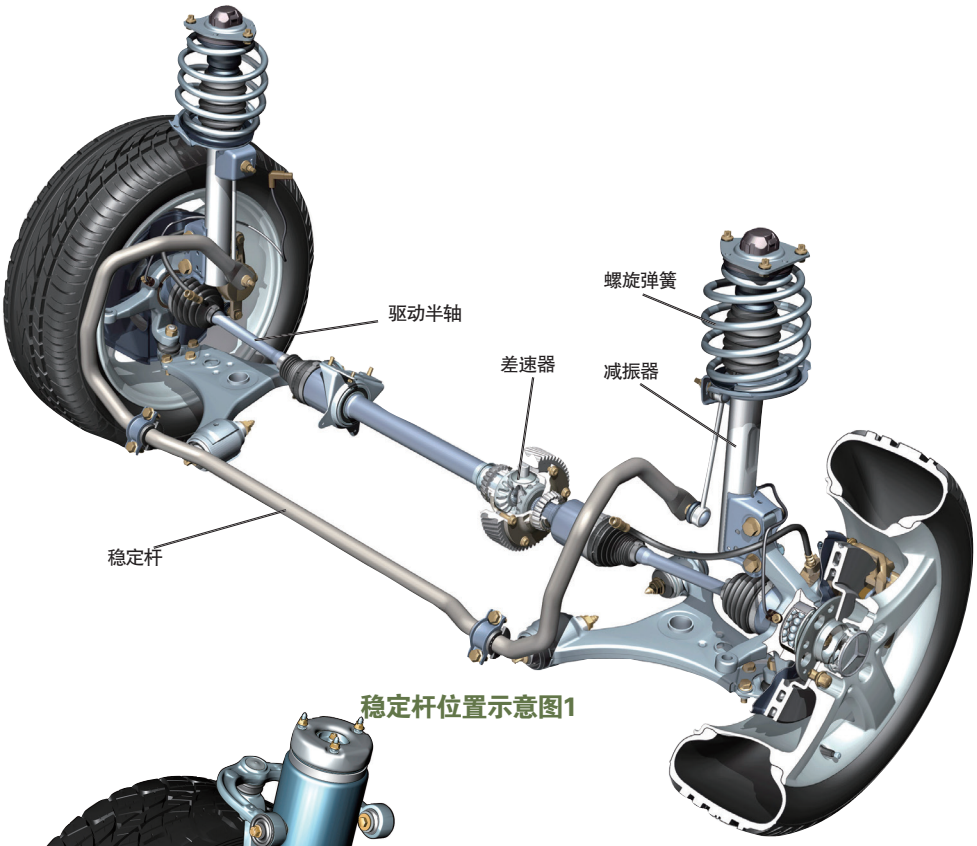


扭转梁式后悬架构造图2

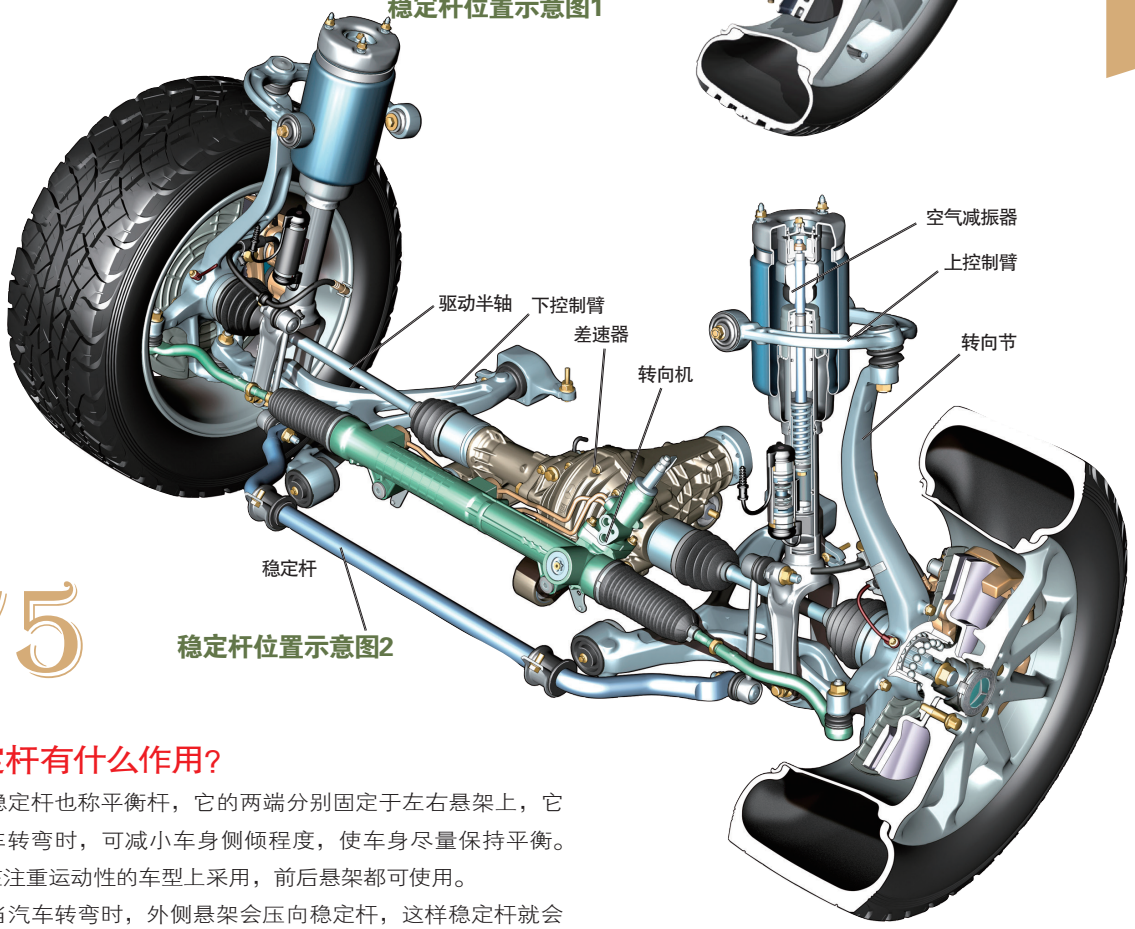
74

纵臂扭转梁是什么形式?

纵臂扭转梁式悬架的别名有扭力梁式、扭梁杆式等。这种悬架的左右车轮之间没有硬轴连接，中间通过一个扭转梁连接。一旦一个车轮遇到非平整路面时，那个粗壮的“扭转梁”仍然会对另一侧车轮产生一定的干涉，只不过干涉程度没有硬轴大而已。现在厂家一般都把它宣传为半独立悬架，其实严格说，也应归入非独立悬架的范畴。



稳定杆位置示意图1



稳定杆位置示意图2

75

稳定杆有什么作用?

稳定杆也称平衡杆，它的两端分别固定于左右悬架上，它在汽车转弯时，可减小车身侧倾程度，使车身尽量保持平衡。一般在注重运动性的车型上采用，前后悬架都可使用。

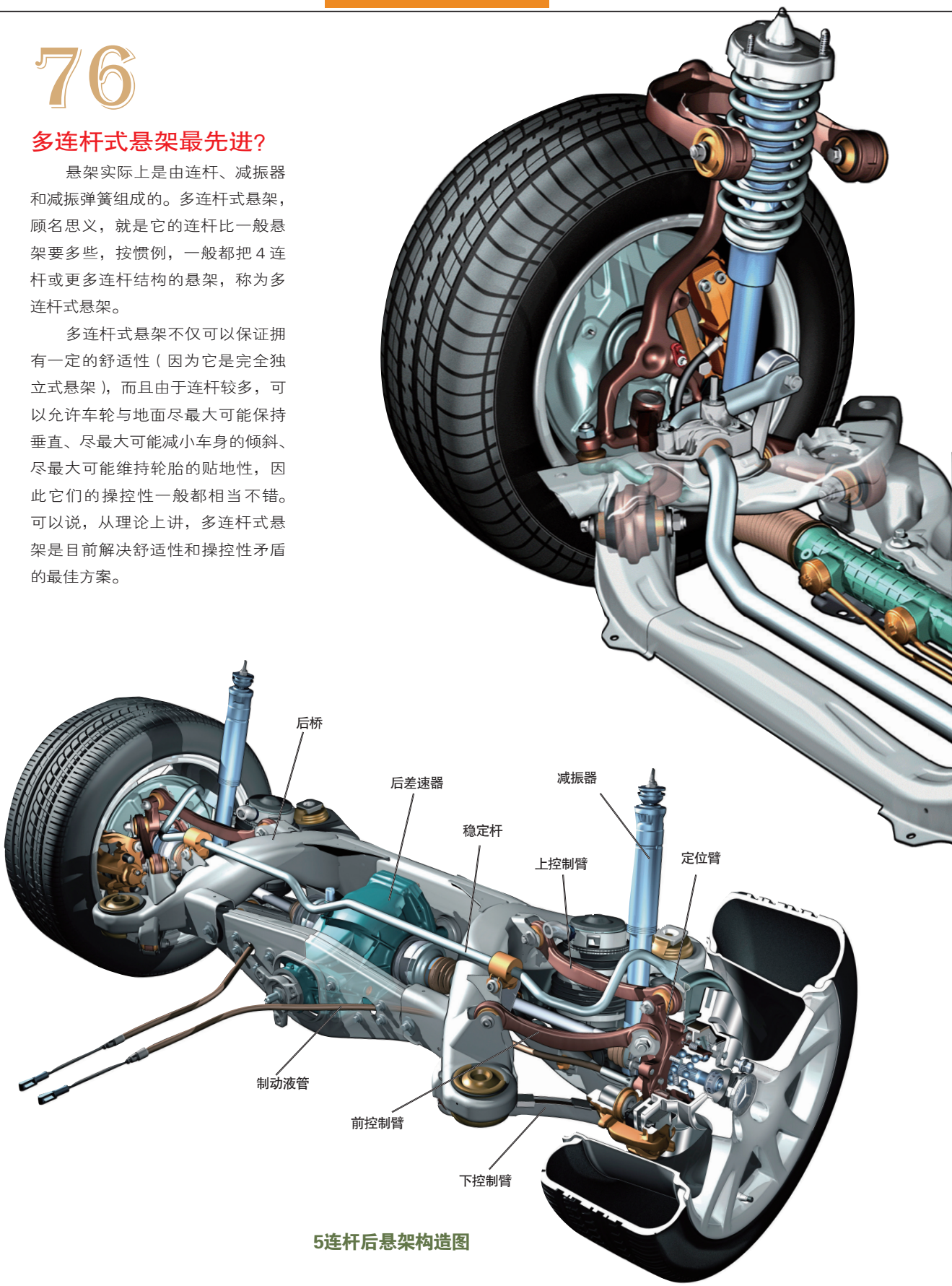
当汽车转弯时，外侧悬架会压向稳定杆，这样稳定杆就会发生扭曲。由于稳定杆是个弹性杆，相当于一根扭杆弹簧，它的弹力会阻止车轮抬起，从而使车身尽量保持平衡。

76

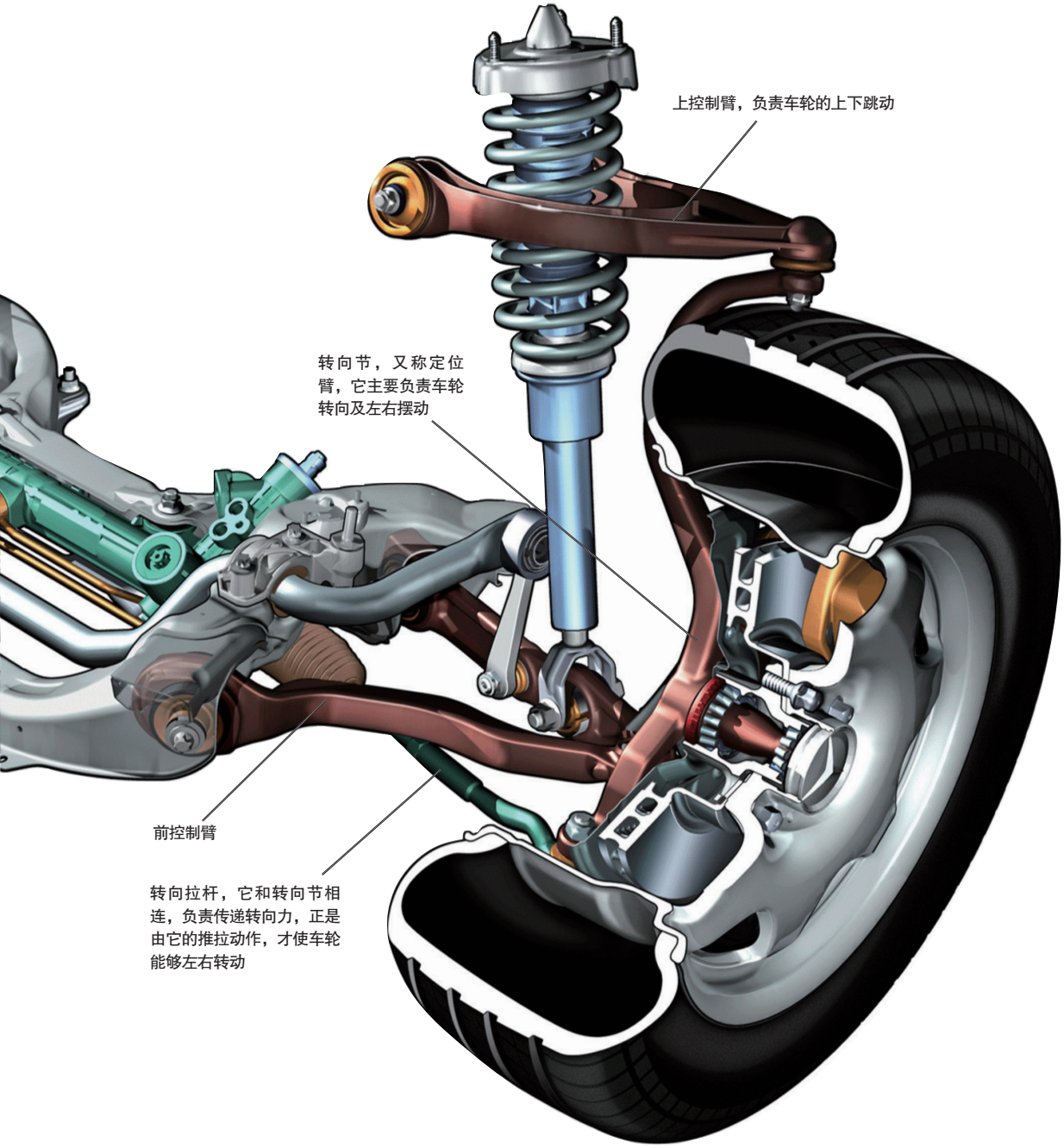
多连杆式悬架最先进?

悬架实际上是由连杆、减振器和减振弹簧组成的。多连杆式悬架，顾名思义，就是它的连杆比一般悬架要多些，按惯例，一般都把 4 连杆或更多连杆结构的悬架，称为多连杆式悬架。

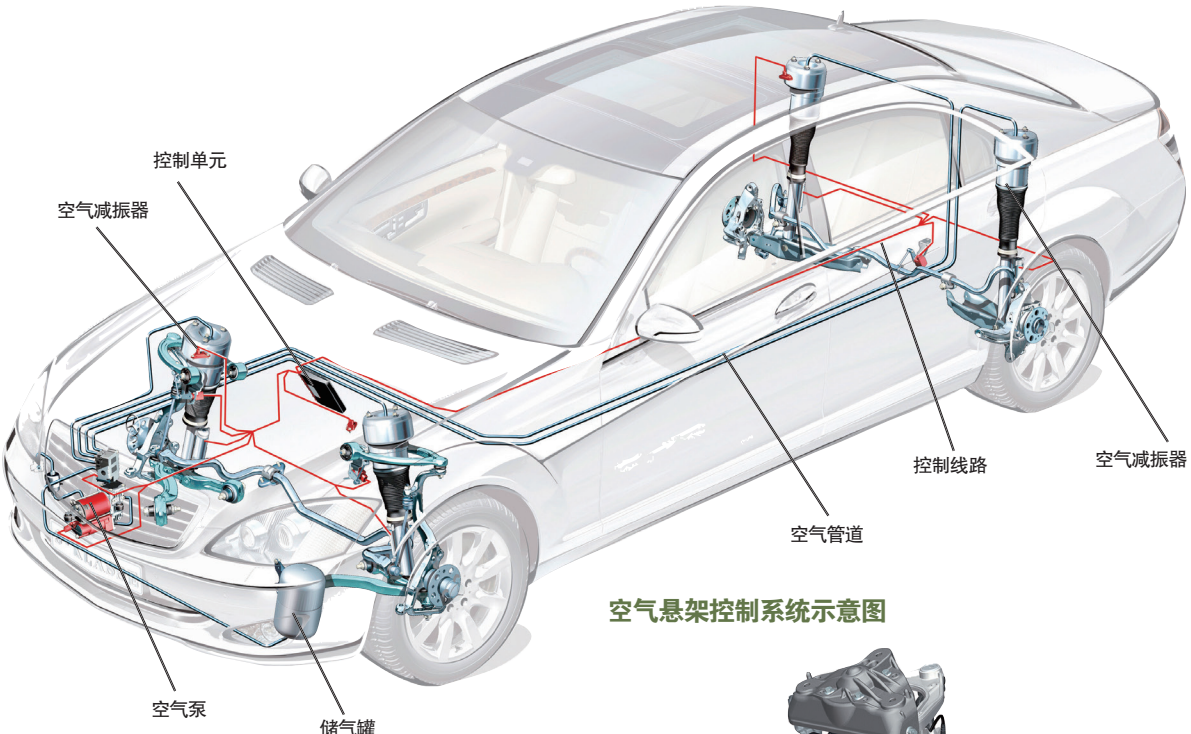
多连杆式悬架不仅可以保证拥有一定的舒适性（因为它是完全独立式悬架），而且由于连杆较多，可以允许车轮与地面尽最大可能保持垂直、尽最大可能减小车身的倾斜、尽最大可能维持轮胎的贴地性，因此它们的操控性一般都相当不错。可以说，从理论上讲，多连杆式悬架是目前解决舒适性和操控性矛盾的最佳方案。



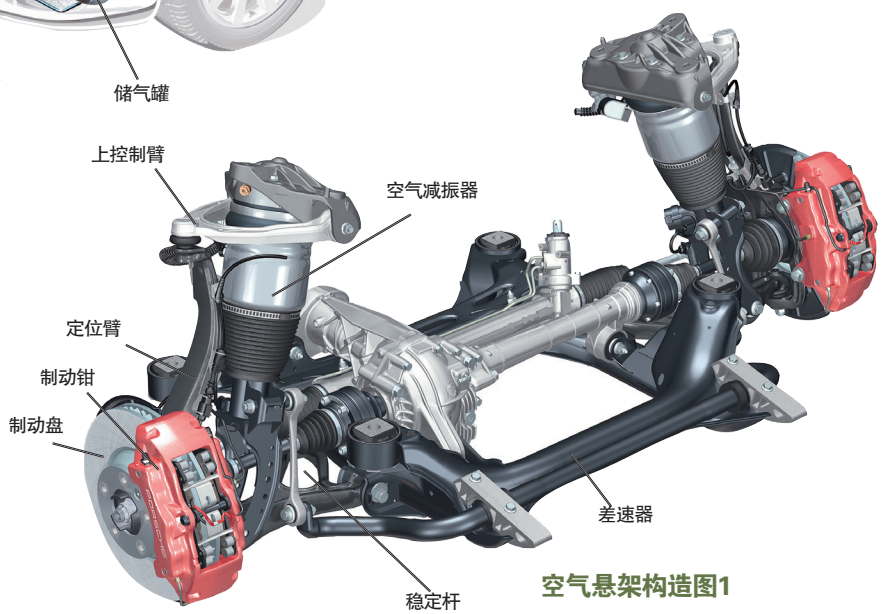
5连杆后悬架构造图


上控制臂，负责车轮的上下跳动
转向节，又称定位臂，它主要负责车轮转向及左右摆动
前控制臂
转向拉杆，它和转向节相连，负责传递转向力，正是由它的推拉动作，才使车轮能够左右转动

4连杆前悬架构造图



空气悬架控制系统示意图



空气悬架构造图1

77

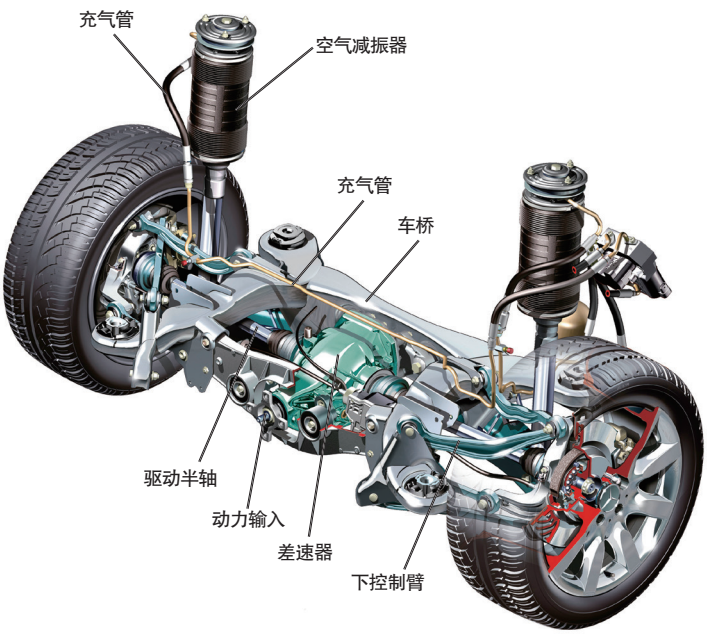
空气悬架的好处是什么?

所谓空气悬架，是指采用空气减振器的悬架。空气减振器中不像传统减振器那样充满油液，而是用一个空气泵向其充入空气，通过控制空气泵便可以调整空气减振器中的空气量或压力，因此，空气减振器的硬度和弹性系数是可调的，空气被压缩得越多，弹性系数越大，它越能大大提高行驶运动性和稳定性。

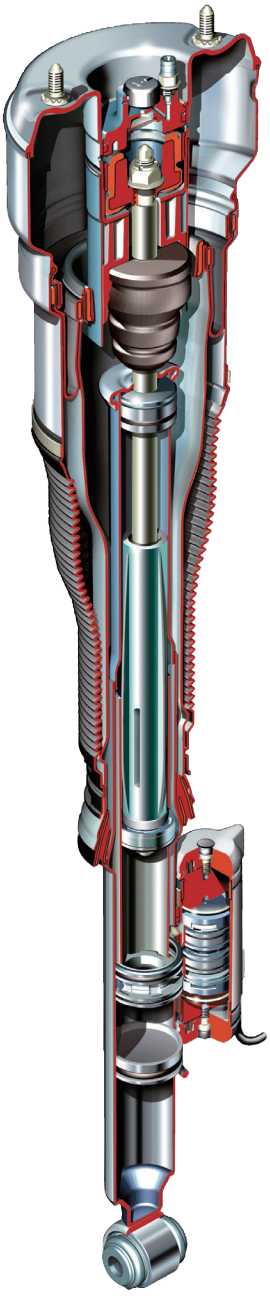
由于空气量可控，所以还可以通过行车电脑自动控制悬架的软硬度或人为地通过操作按钮控制悬架的软硬度。而且空气弹簧的长度和行程根据弹簧内压缩空气量的多少也是可控的，它通过与发动机相连的空气泵，调节泵入的空气量，便可调节空气减振器的行程和长度。这就是我们在一些车上看到的可以升降底盘的原因。

与传统钢制汽车悬架系统相比较，空气悬架具有很多优势。例如，高速行驶时，悬架可以变硬，以提高车身稳定性，长时间低速行驶时，控制单元会认为正在经过颠簸路面，以悬架变软来提高减振舒适性。

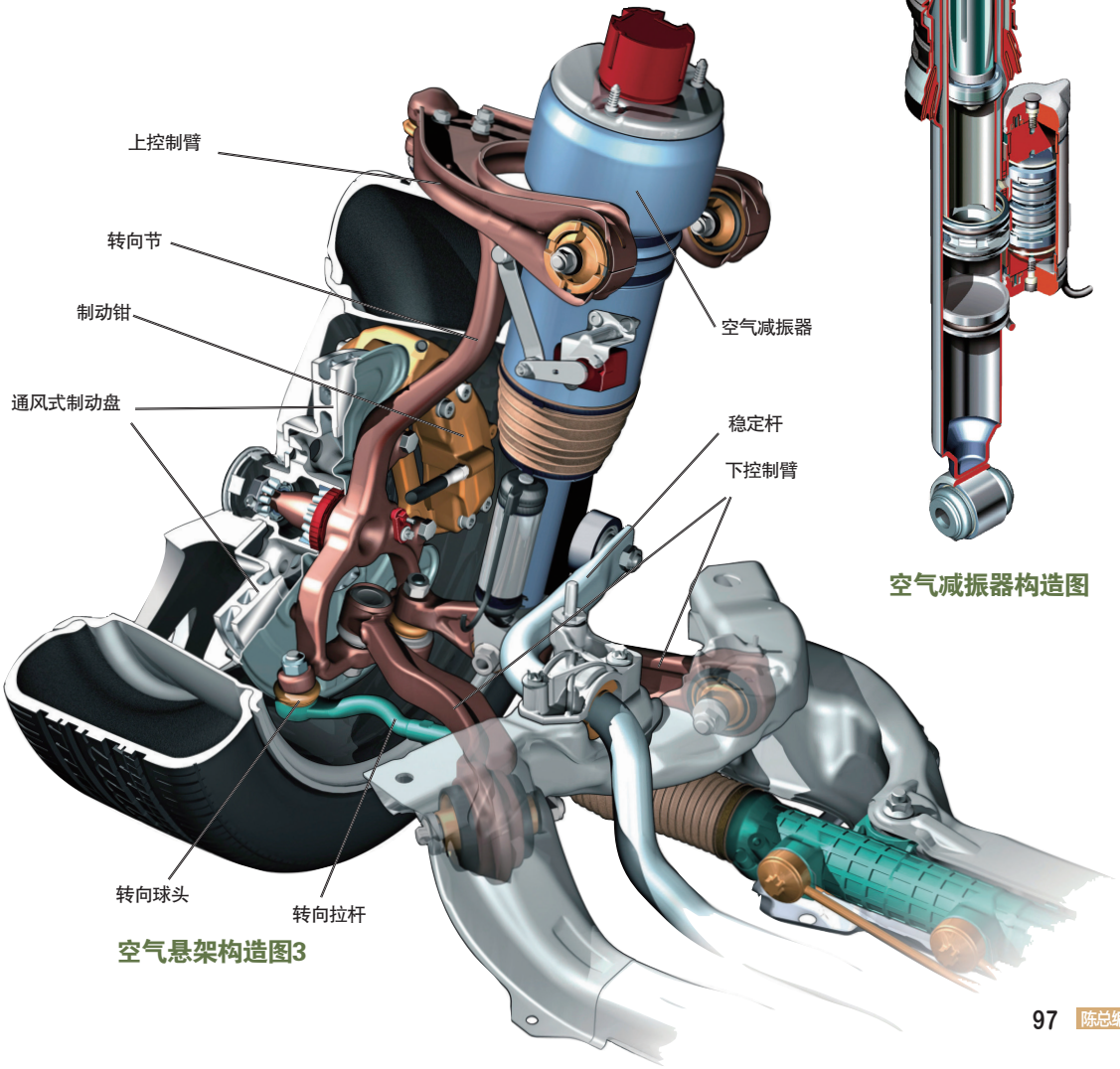
另外，空气悬架系统还能自动保持车身水平高度，无论空载还是满载，车身高度都能恒定不变，这样在任何载荷情况下，悬架系统的弹簧行程都保持一定，从而使减振特性基本不会受到影响。因此即便是满载情况下，车身也很容易控制。



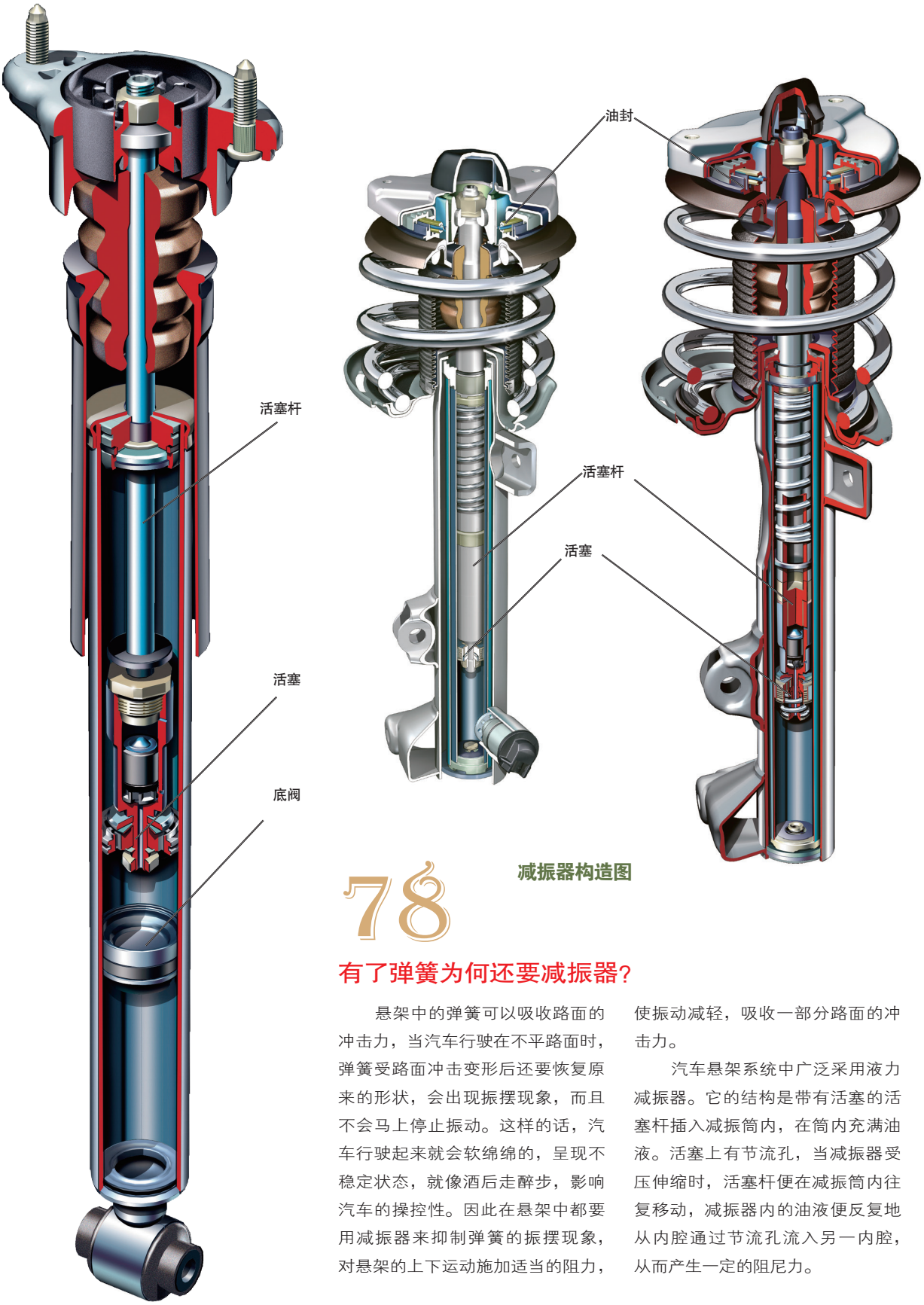
空气悬架构造图2



空气减振器构造图



空气悬架构造图3



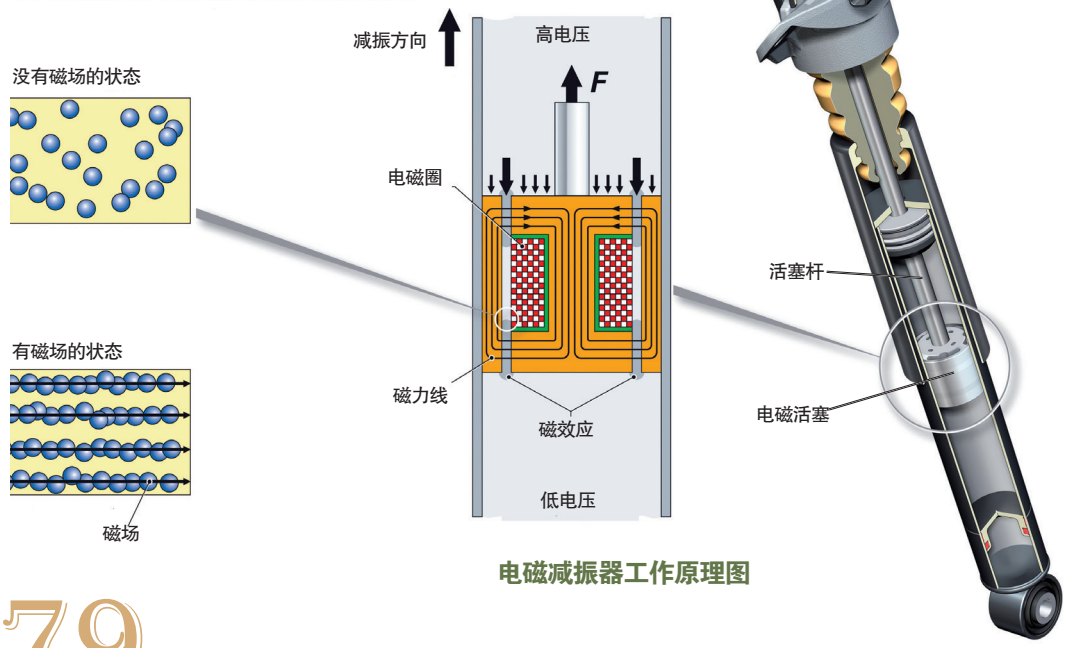
减振器构造图

78 有了弹簧为何还要减振器？

悬架中的弹簧可以吸收路面的冲击力，当汽车行驶在不平路面时，弹簧受路面冲击变形后还要恢复原来的形状，会出现振摆现象，而且不会马上停止振动。这样的话，汽车行驶起来就会软绵绵的，呈现不稳定状态，就像酒后走醉步，影响汽车的操控性。因此在悬架中都要用减振器来抑制弹簧的振摆现象，对悬架的上下运动施加适当的阻力，使振动减轻，吸收一部分路面的冲击力。

汽车悬架系统中广泛采用液力减振器。它的结构是带有活塞的活塞杆插入减振筒内，在筒内充满油液。活塞上有节流孔，当减振器受压伸缩时，活塞杆便在减振筒内往复移动，减振器内的油液便反复地从内腔通过节流孔流入另一内腔，从而产生一定的阻尼力。

电磁减振器构造图



电磁减振器工作原理图

79 电磁减振器有什么优势？

电磁悬架 (Magnetic Ride Control) 是利用电磁反应的一种新型独立悬架系统，它可以针对路面情况，在 1 毫秒时间内做出反应，抑制振动，保持车身稳定。特别是在车速很高、又突遇障碍时，更能显出它的优势。

在减振器内采用的不是普通油，而是一种称作电磁液的特殊液体，它是由合成碳氢化合物以及 3 至 10 微米大小的磁性颗粒组成。一旦控制单元发出脉冲信号，线圈内便会产生电压，从而形成一个磁场，并改变粒子的排列方式。这些粒子马上会按垂直于压力的方向排列，阻碍油液在活塞通道内流动的效果，从而提高阻尼系数，调整悬架的减振效果。

第六章 Steering System 转向系统

不管什么人或什么事，
如果犯方向性错误，则后果很严重。
汽车是否易犯方向性错误，
则要看转向系统是否值得信赖。
助力转向、随速助力转向、可变齿比转向、四轮转向，
转向系统还会往哪个方向发展？

80 随速助力转向有什么好处？

随速助力转向就是指转向助力大小可以随车速变化而变化的转向。

传统助力转向有个缺点。在低速时（如停车入库等）方向盘较为轻盈，为驾驶人带来不少方便，但在高速行驶时往往会因方向盘太轻盈而造成方向不稳定，稍一动方向盘便可能出现危险。因此，从安全考虑，高速行驶时，方向盘最好沉点，没有助力或助力小点更好。

随速助力转向的特性是：当车速低时，它提供的助力较大，以保证方向盘的轻盈度和灵活性；当车速较高时，它提供的助力较小，以增强行车的安全性和稳定性。

如果是液压式助力转向，则是根据车速信号来调节液压泵输出压力的大小；如果是电动助力转向，则是在电动机的输入端加入车速信号即可。

液压助力转向系统构造图

81 转向为何需要助力？

助力转向也称动力转向，它是指可以借助外力的帮助，使操作方向盘的力量减轻的装置。现在轿车上基本都采用助力转向，因此连柔弱女性也能操作驾驶。

根据助力来源形式的不同，助力转向又分为液压助力转向和电动助力转向。前者是利用液压机构来提供助力，后者则是利用电动机的力量作为转向助力。由于电脑技术在汽车上的广泛应用，电动助力转向可实现更先进的控制方式，如车速感应助力转向等。因此，现在高档轿车上一般都采用电动助力转向。

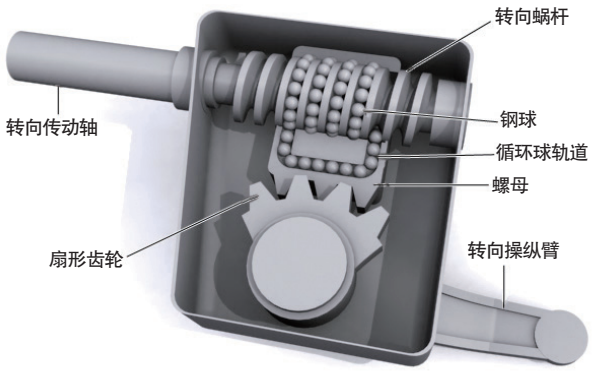
齿轮齿条式转向工作原理图

82 什么是齿轮齿条式转向?

汽车的转向机构主要分两种，一是齿轮齿条式，一是循环球式。

齿轮齿条式转向正像它的名字一样，转动方向盘时，可带动小齿轮转动，这个小齿轮与一根齿条相啮合，带动齿条左右直线运动，并推动转向轮左右摆动从而实现转向功能。齿轮不是简单的平齿轮，而是特殊的螺旋形状，这可改善转向时的柔顺感。

齿轮齿条式转向结构简单、成本低、转向力和路感传递直接，因此，现在轿车上基本都采用齿轮齿条式转向，而只有在 SUV 上才可看到循环球式转向。

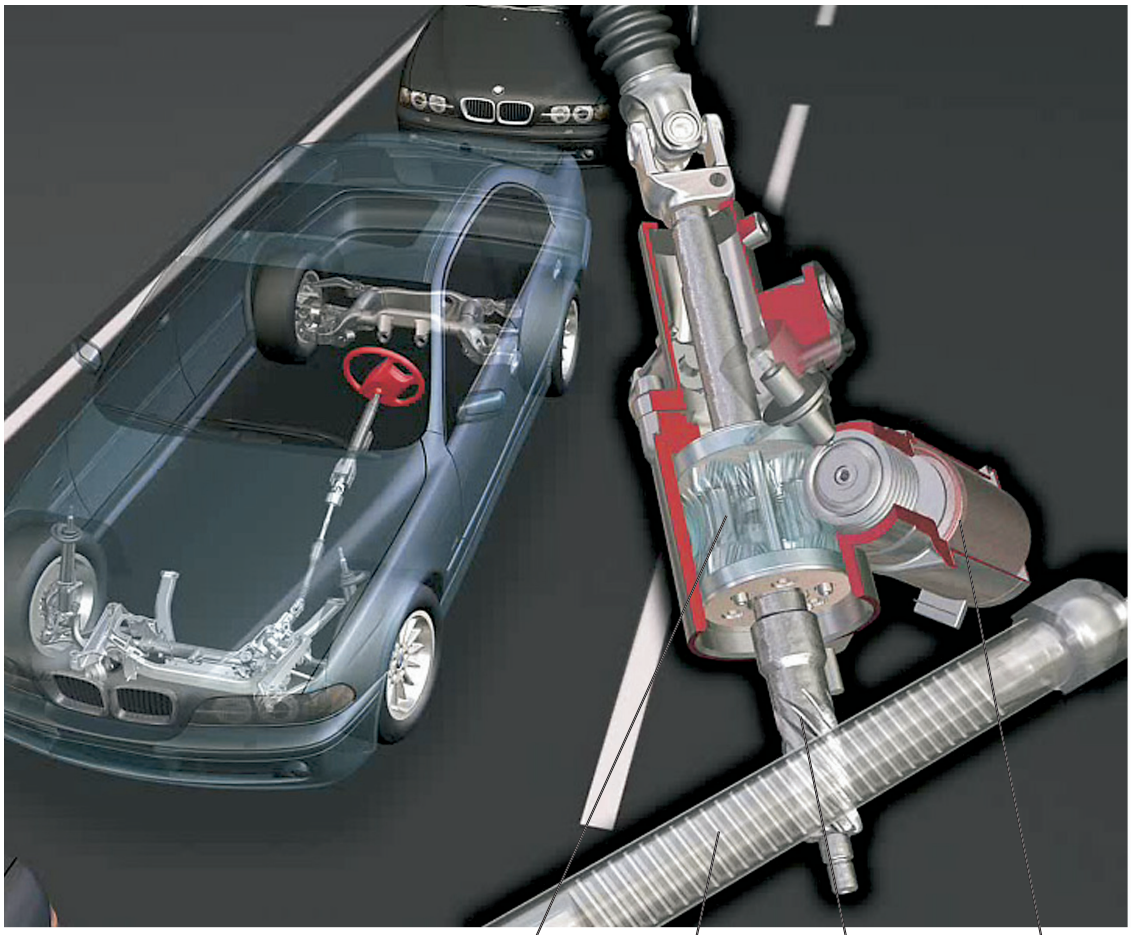


循环球式转向工作原理图

83 什么是循环球式转向?

循环球式转向器（Recirculating Ball，简称 RB），是利用滚球沿着沟槽运动来传递转向力的转向器。由于循环球的作用，能使驾驶人获得非常圆滑的转向手感。在越野车上较多使用循环球式转向器。

电动助力转向系统构造图



主动转向系统示意图

84

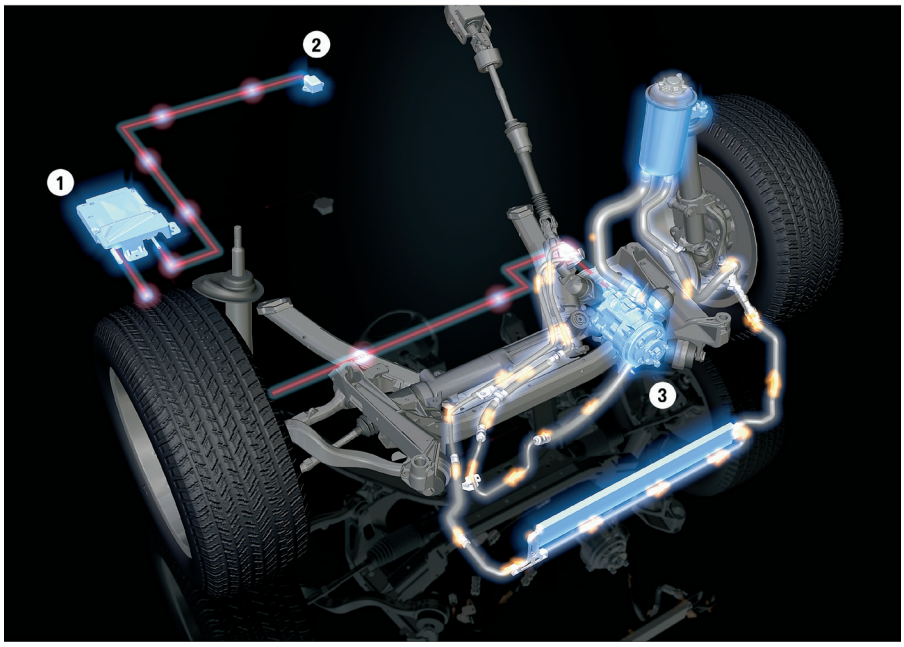
主动转向系统有什么优势？

宝马的主动转向系统，可以根据车速变化而不断改变转向系统中主动齿轮与被动齿条的传动比。通常一般轿车的转向传动比在 16 : 1 和 18 : 1 之间，而宝马的主动转向系统的传动比可以在 10 : 1 至 20 : 1 间不断变化。在低速时，例如 50 公里 / 小时时，你转动方向盘 10° ，前轮即可转动 1° ，而普通轿车需要转动 16°~18° 才能让前轮转动 1° 。反之，在高速时，例如，当车速达到 200 公里 / 小时时，你转动方向盘 20° 才能让前轮转动 1° ，以增强它的稳定性。

该系统中，在方向盘和转向轮之间装有一个电子控制的机械调控器，其中的行星齿轮有两根输入轴和一根输出轴，一根输入轴连接到方向盘，另一根输入轴则由电动机通过一个自锁式蜗轮蜗杆驱动机构控制，输出轴则与转向柱相连。最终从输出轴传出的整体转向角度是由驾驶人输入的方向盘角度叠加上电动机附加的角度而成。

最后转动车轮所用的力量，并不是由电动机决定，而是由独立的转向助力系统与传统的转向装置一同决定的。主动转向系统的其他组成部件还包括判定当前驾驶条件和驾驶人指令的独立控制单元和多个传感器。依据驾驶条件，主动转向系统会增加或减小前轮的转向角度。低速时，电动机的作用与驾驶人转动方向盘的方向一致，可以减少对转向力的需求。在高速时，电动机的运转方向与驾驶人转动方向盘方向相反，这减少了前轮的转向角度，转向传动比减小，转向稳定性提高。

① 主动转向系统控制单元,它根据转向情况来控制伺服电动机动作
② 偏航传感器，它可以检测到汽车的转向和加速等信息
③ 液压助力系统，为转向提供助力

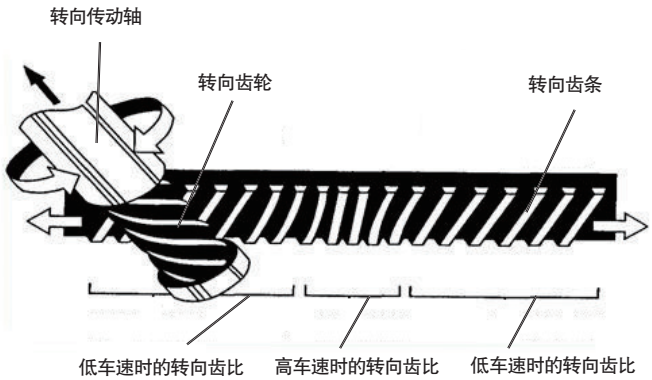


主动转向构造示意图

高速行驶时，方向盘角度较大，而转向轮的转向角度却较小，以保证高速行驶时的稳定性

低速行驶时，方向盘角度较小，而转向轮的转向角度却较大，以保证低速时方向盘的灵活性

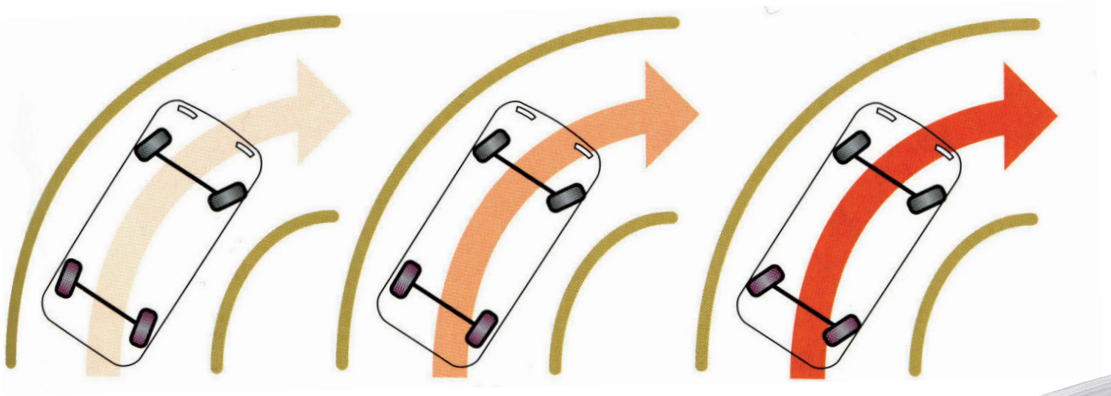
主动转向工作原理示意图



可变齿比转向工作原理示意图

85 可变齿比转向有什么优势？

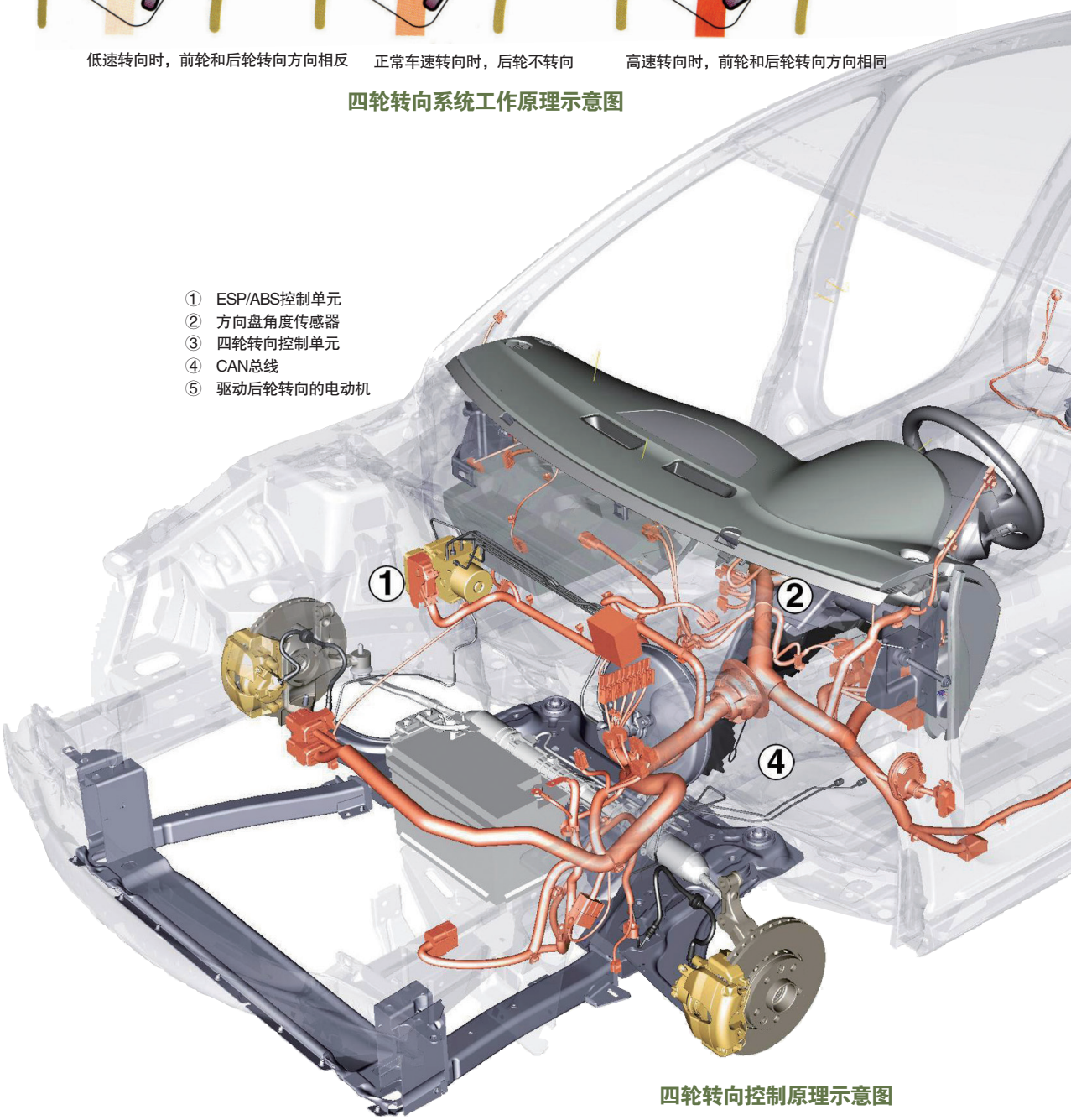
可变齿比转向系统与传统齿轮齿条式转向系统上疏密一致的齿条构造有所不同，而是采用两边稀疏、中间细密的齿比结构。高速行驶时，使用齿比较密的齿条段，这样转向就不会那么“灵敏”，而是非常“精确”；而在低速状态下，则使用齿比较疏的齿条段。如此一来，驾驶人在驾驶时就会感觉到它的转向系统在低速行驶时敏捷灵活，而进入了高速状态后则变得更加稳定精准。



低速转向时，前轮和后轮转向方向相反　　正常车速转向时，后轮不转向　　高速转向时，前轮和后轮转向方向相同

四轮转向系统工作原理示意图

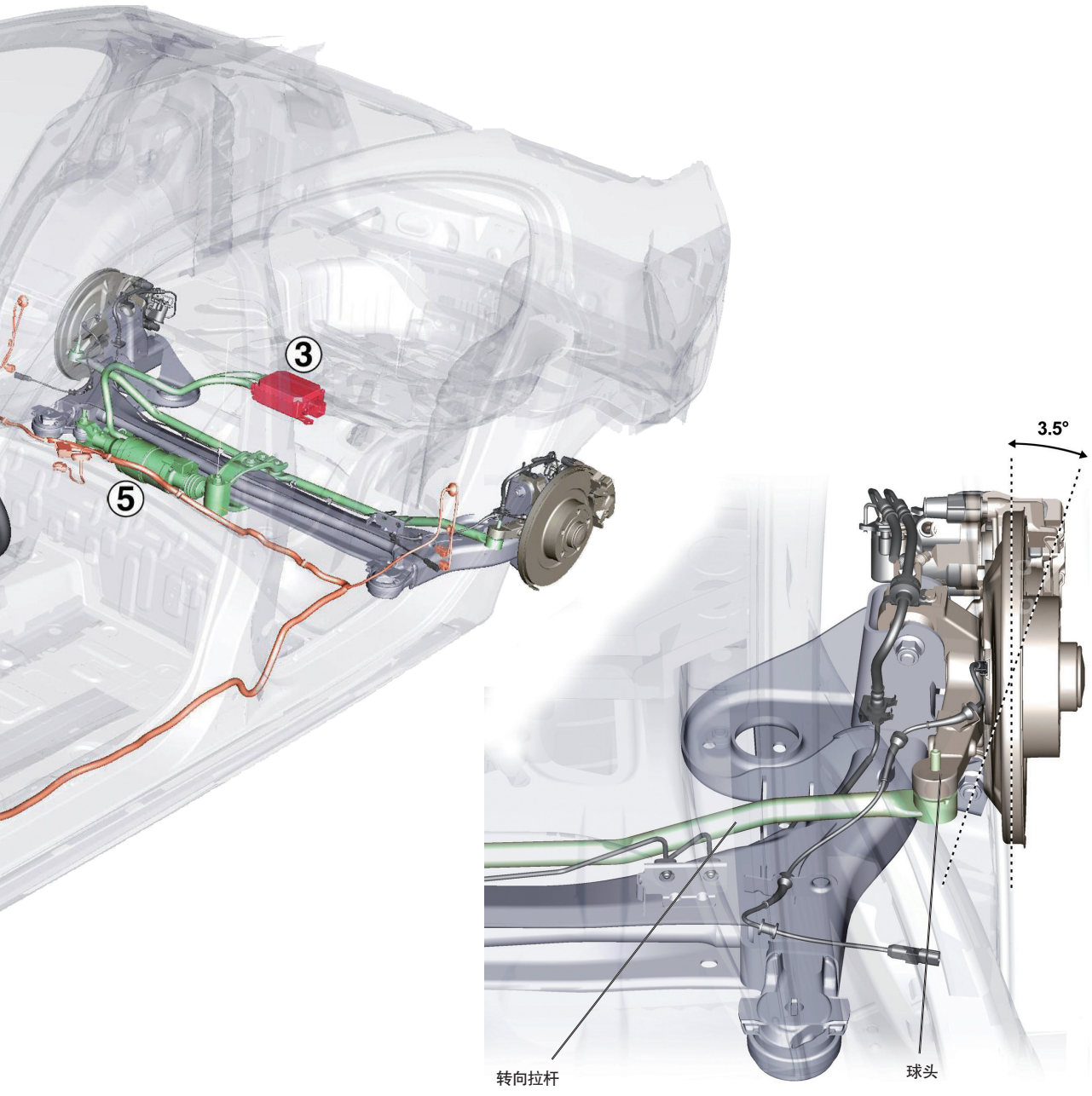
① ESP/ABS控制单元
② 方向盘角度传感器
③ 四轮转向控制单元
④ CAN总线
⑤ 驱动后轮转向的电动机



四轮转向控制原理示意图

86 四轮转向如何动作?

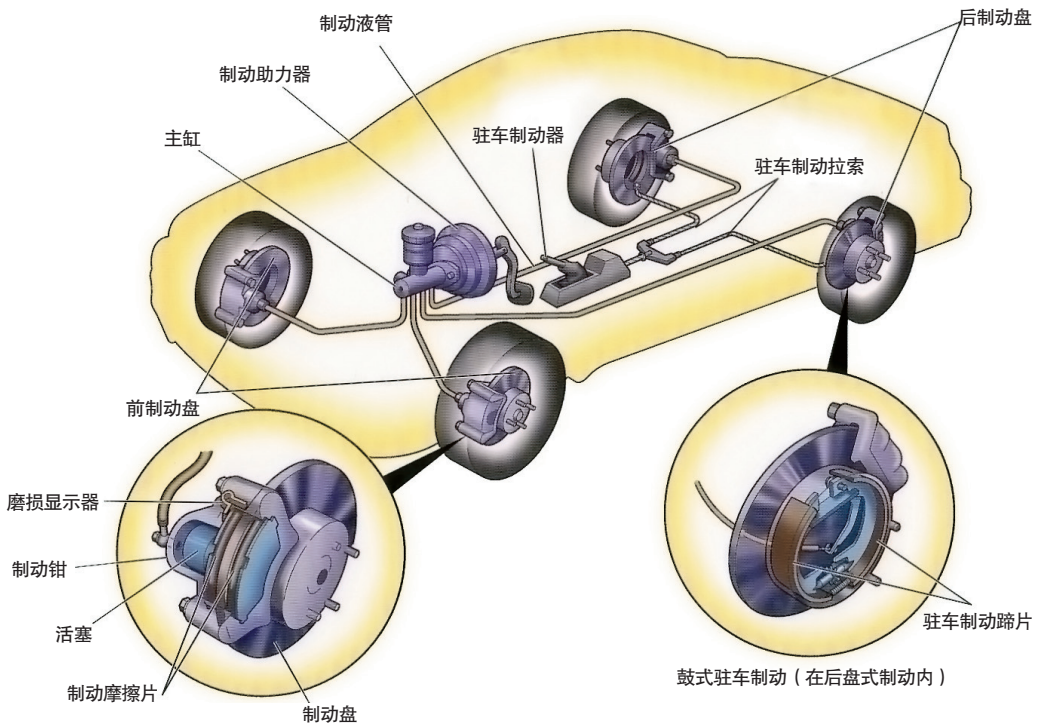
现在轿车上装备的四轮转向系统，一般都是通过一个电动机来改变后轮的转向角，像宝马 7 系后轮转向角最大达 3° ，雷诺 Laguna GT 后轮转向角最大可改变 3.5° 。在低速时，后轮与前轮转向相反，以增进汽车的灵敏性，减小转弯直径。这样不仅明显改善了灵活性，并且由于减小了转向力，还可进一步提高了驾乘舒适性。但在车速较高的情况下，此时后轮与前轮转向方向相同，从而可使汽车的转向更加平稳、顺畅。



后轮转向构造图

第七章 Brake System 制动系统

汽车因速度而诞生，
其实，人们完全可以制造更快的汽车，
但是，为什么没有这么做？
不是发动机动力不够大，而是制动技术跟不上，
没有制动，就没有速度，
汽车极速永远受制动性能限制。

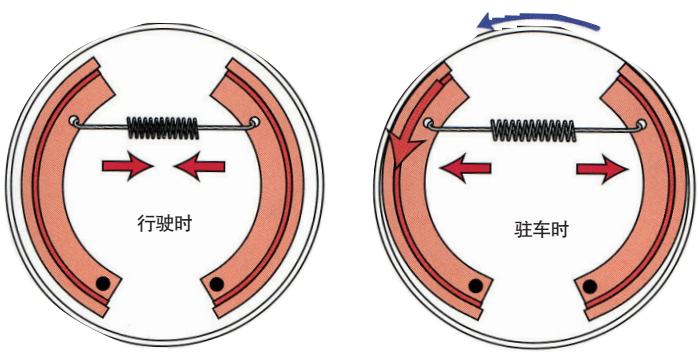


制动系统示意图

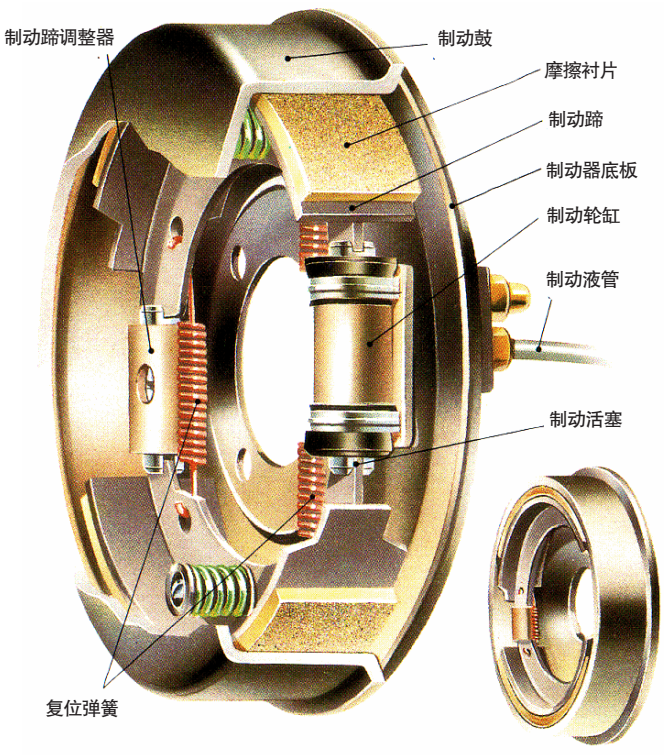
87 为什么称鼓式制动？

之所以叫鼓式制动，是因为有一个制动“铁鼓”。鼓式制动有制动片磨损较少、成本较低以及维修较容易等优点，因此目前仍在经济型轿车后轮上采用。

另外，一般轿车的驻车制动器（俗称手刹）都是采用鼓式制动器只对两个后轮起作用，因此，在做“漂移”动作时，为了让后轮产生滑动，一般都要拉一下驻车制动器手柄。



鼓式制动工作原理示意图



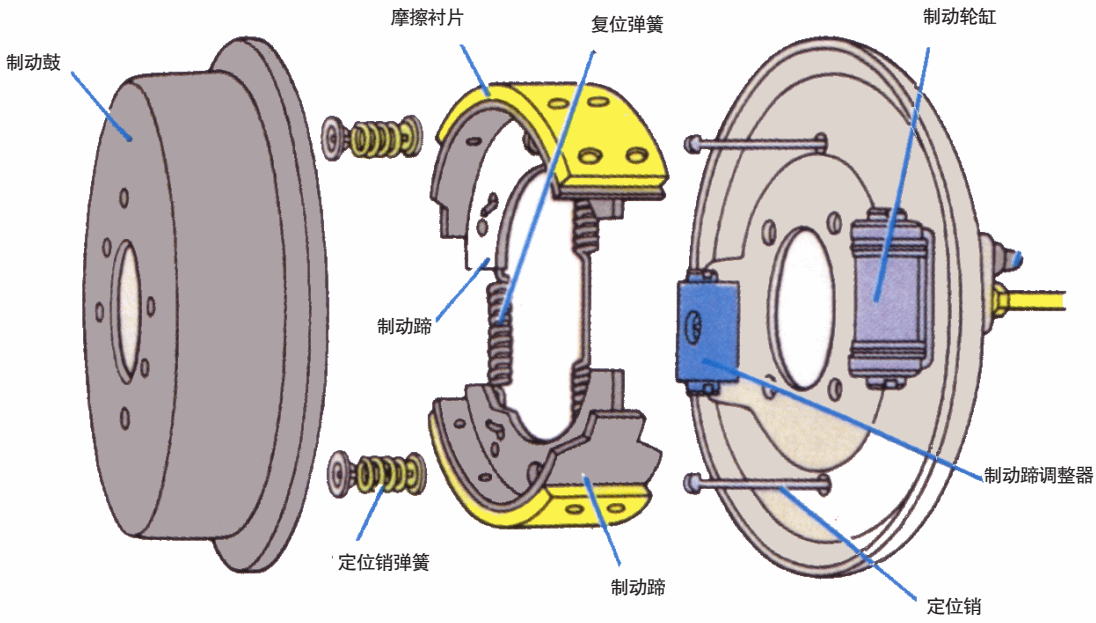
鼓式制动系统构造图

88

鼓式制动是怎样工作的?

在轿车的鼓式制动器，一般只有一个轮缸，在制动时轮缸受到来自制动总泵的液压后，轮缸两端活塞会同时顶向左右制动蹄的蹄端，制动蹄上有摩擦衬片。

制动鼓则是安装在轮毂上，是随车轮一起旋转的部件。它是由铸铁制成，形状像是圆鼓。当制动时，轮缸活塞推动制动蹄压迫制动鼓，制动鼓受到摩擦而减速，迫使车轮停止转动。



鼓式制动系统构造分解图

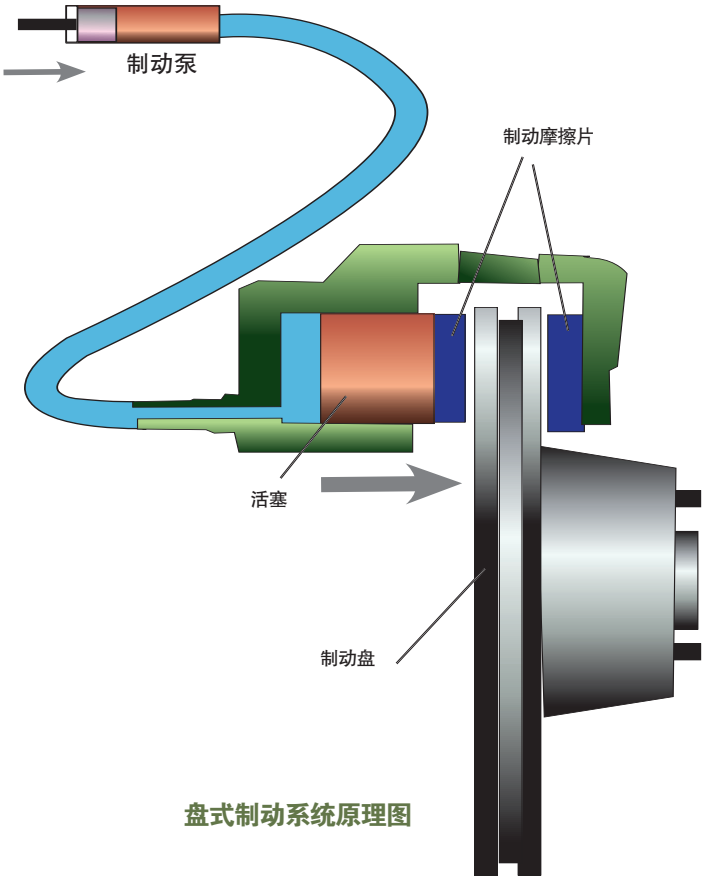
89

盘式制动性能更好?

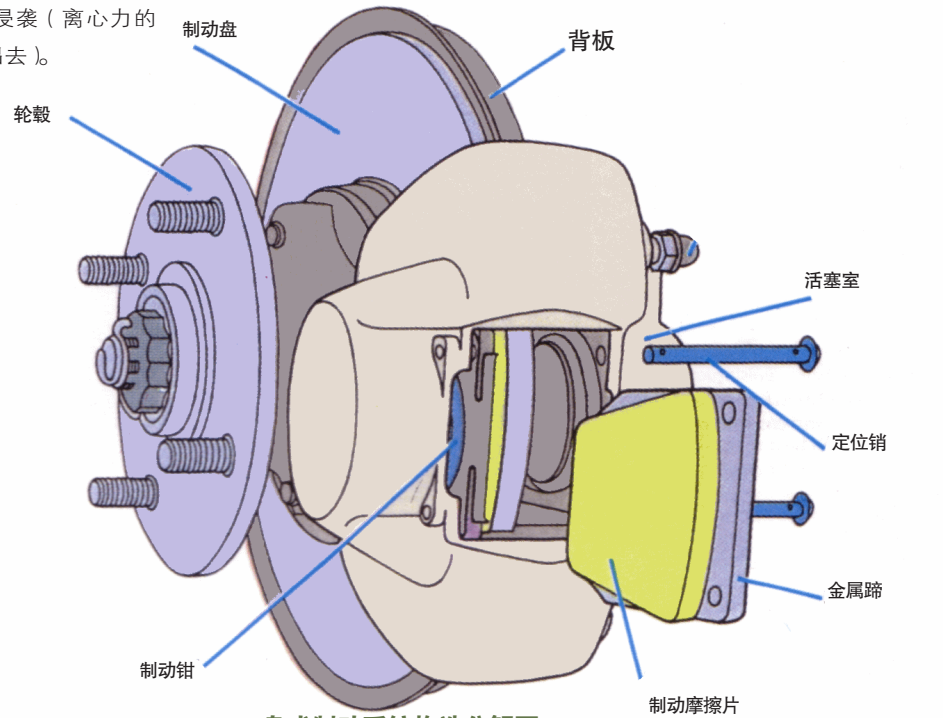
制动形式主要分鼓式和盘式两大种类。它们的原理都是由固定不旋转的部分（制动蹄或制动钳）以一定的力量压迫与车轮一同旋转的部分（制动鼓或制动盘），从而强制车轮制动。

盘式制动器又称为碟式制动器，顾名思义是取其形状而得名。它由液压控制，主要零部件有制动盘、分泵、制动钳、制动液管等。制动盘用合金钢制造并固定在车轮上，随车轮转动。分泵固定在制动器的底板上固定不动。制动钳上的两个摩擦片分别装在制动盘的两侧。分泵的活塞受制动液管输送来的液压作用，推动摩擦片压向制动盘发生摩擦制动，动作起来就好像用钳子钳住旋转中的盘子，迫使它停下来一样。

盘式制动器散热快，重量轻，构造简单，调整方便。特别是高负载时的耐高温性能好，制动效果稳定，而且不怕泥水侵袭（离心力的作用可将雨水飞散出去）。



盘式制动系统原理图



盘式制动系统构造分解图

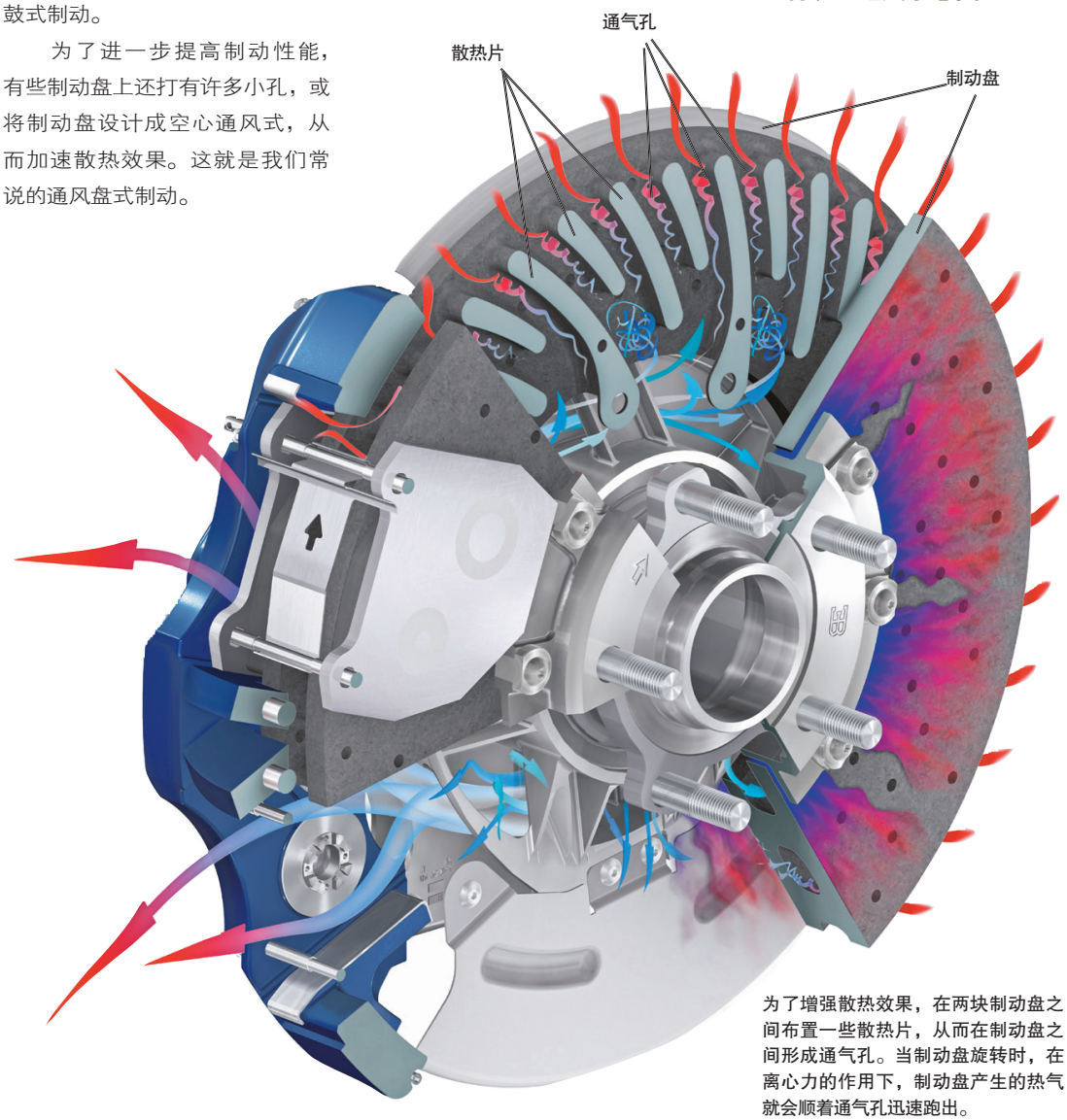
90

制动盘为何要通风？

制动过程实际上是利用摩擦力将动能转化为热能的过程，如果能尽快将热能释放出去，那么无疑会加快其转化速度，从而使汽车尽快失去动能而制动。由于盘式制动的散热性能较好，它可以使制动系统快速散热，因此从制动理论上讲，盘式制动要强于鼓式制动。

为了进一步提高制动性能，有些制动盘上还打有许多小孔，或将制动盘设计成空心通风式，从而加速散热效果。这就是我们常说的通风盘式制动。

制动盘通风示意图



为了增强散热效果，在两块制动盘之间布置一些散热片，从而在制动盘之间形成通气孔。当制动盘旋转时，在离心力的作用下，制动盘产生的热气就会顺着通气孔迅速跑出。

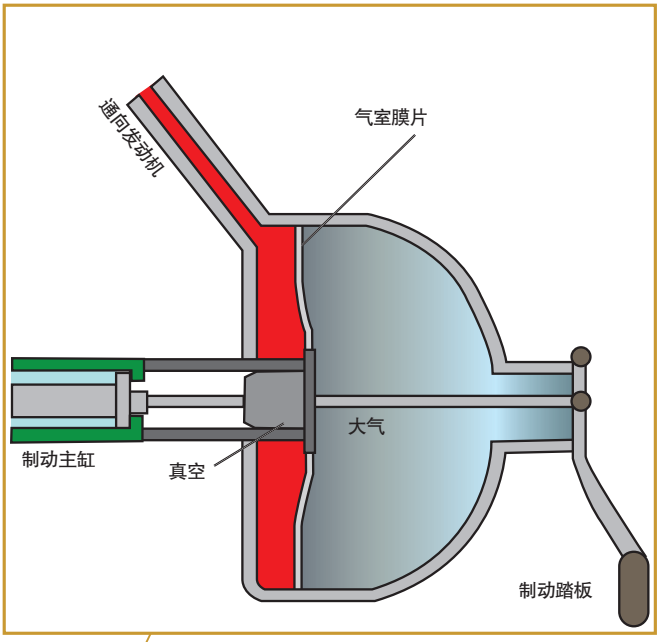
通风制动盘散热示意图

91

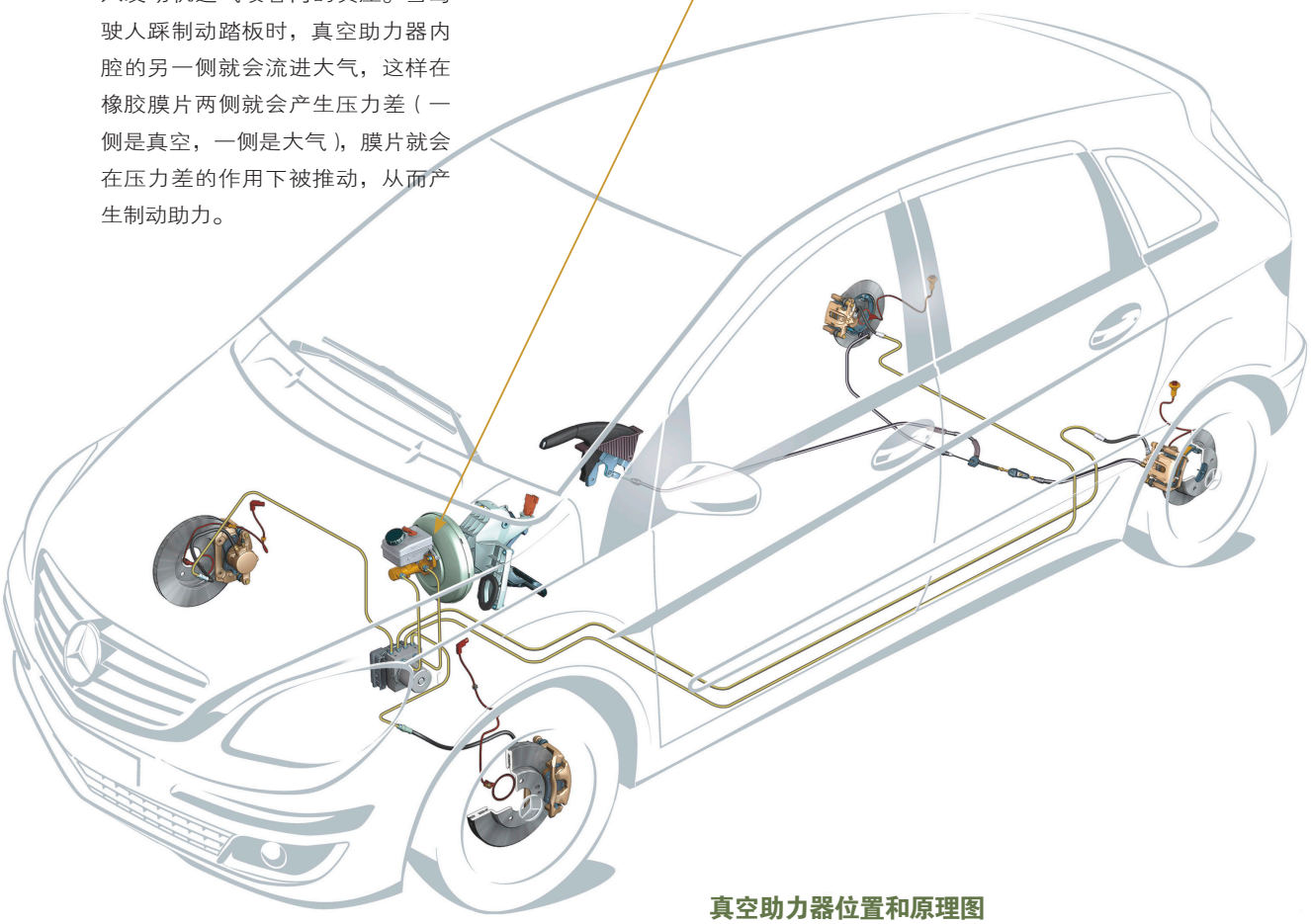
真空制动助力器有什么用?

即使有液压助力帮助驾驶人进行制动，但对于弱小女性朋友来说，如果没有足够的力量踩制动踏板，那么遇到紧急情况时如果制动力不够，也非常危险。因此，几乎在所有轿车的发动机室靠近驾驶人的位置，也就是在制动踏板与制动液压泵之间，都安装一个像炒菜锅一样的部件，那就是帮你制动的真空制动助力器。

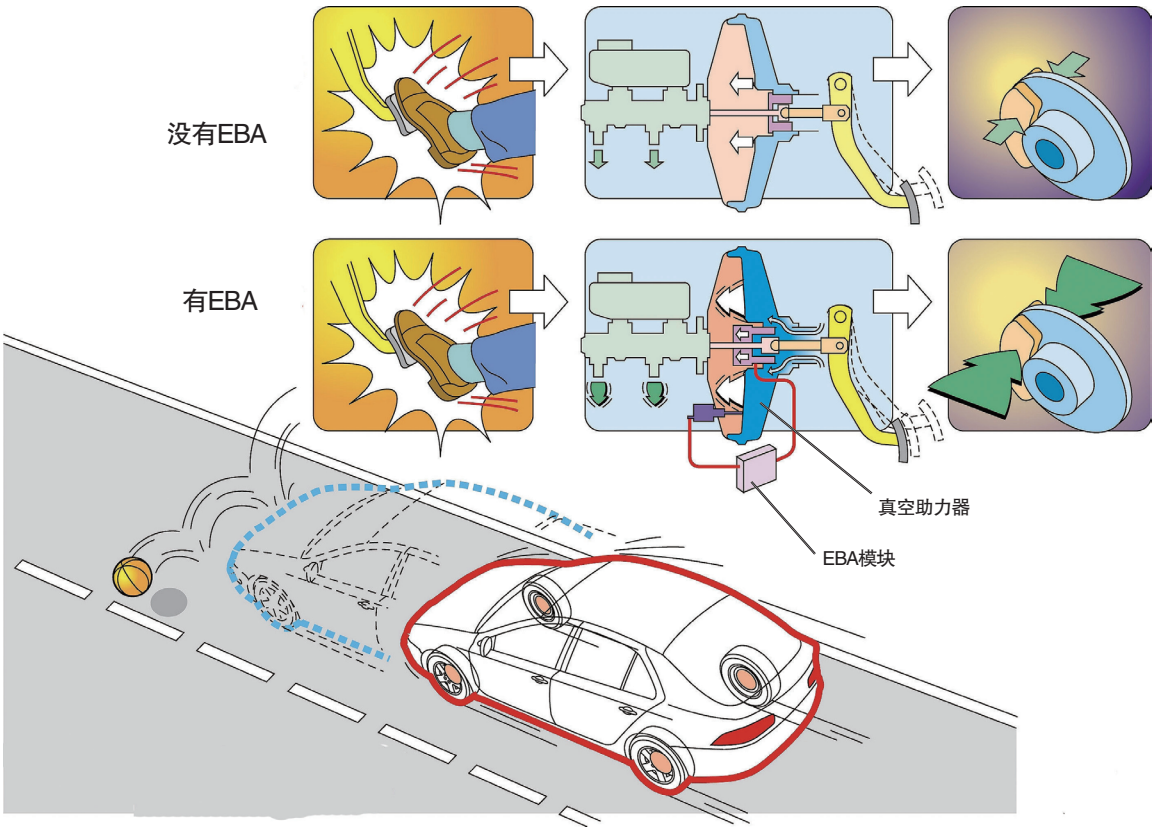
真空制动助力器的原理非常简单，它中间有个橡胶膜片将真空助力器的内腔一分为二，其中一侧引入发动机进气歧管内的负压。当驾驶人踩制动踏板时，真空助力器内腔的另一侧就会流进大气，这样在橡胶膜片两侧就会产生压力差（一侧是真空，一侧是大气），膜片就会在压力差的作用下被推动，从而产生制动助力。



真空助力器原理图



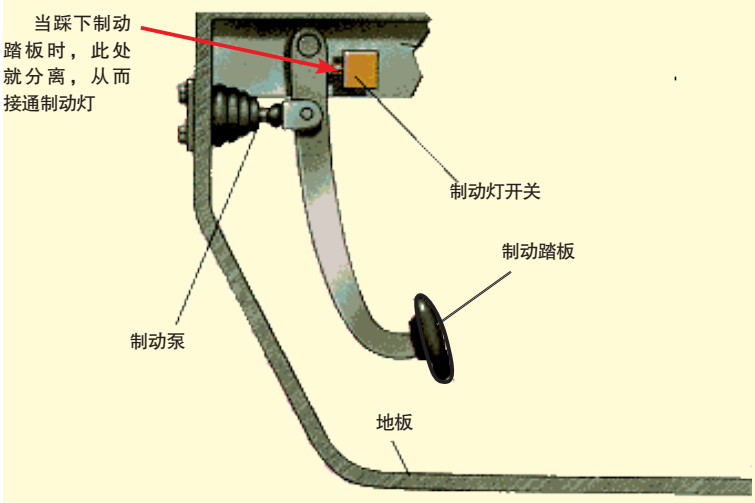
真空助力器位置和原理图



紧急制动辅助系统动作原理示意图

92 紧急制动辅助系统有什么作用？

在一些非常紧急事件中，驾驶人往往不能迅速地踩制动踏板，造成制动力不足。紧急制动辅助系统（EBA，Emergency Brake Assist）就是为此而设计的。当 EBA 发现驾驶人迅速大力地踩制动踏板时，便会认为是一个突发的紧急事件，马上自动地提供更大的压力，以增大制动效果。不仅如此，其施压的速度也远远快于驾驶人，这能大大地缩短制动距离，增强安全性。尤其是对于脚力较差的妇女及高龄驾驶人，在闪避紧急危险的制动时很有帮助。

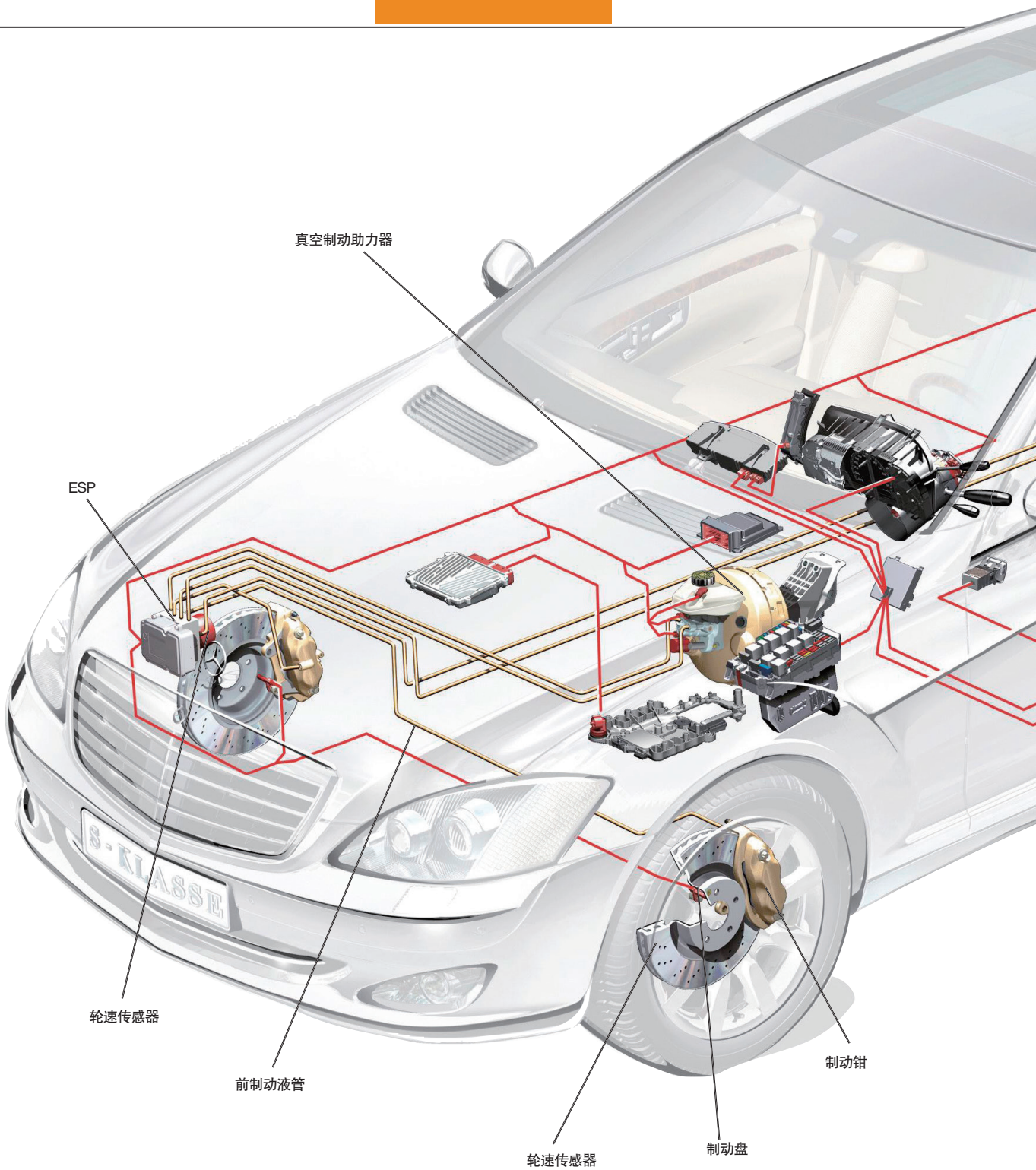


你知道吗？ Do You Know

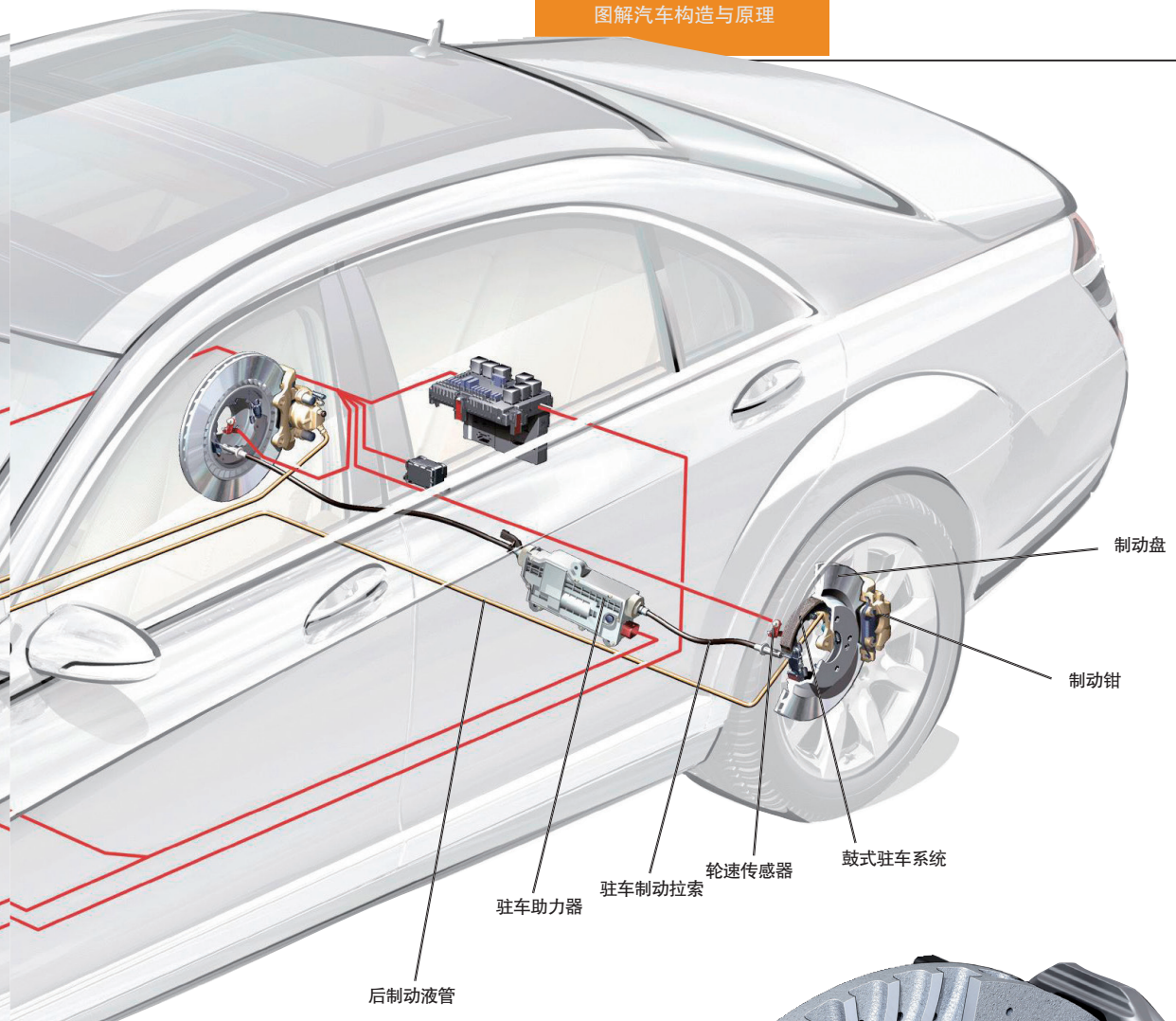
制动灯怎样点亮的？

我们知道，当驾驶人踩制动踏板时，车尾部的制动灯就会亮起，哪怕你稍一踩制动踏板，制动灯就会很敏捷地亮起。这是为什么？

其实道理非常简单，在制动踏板的上方有制动灯继电开关，在正常行驶状态下制动踏板和制动灯开关是完全接触的，此时制动灯不亮。然而，只要一踩制动踏板，这个继电开关就会脱离，从而启动制动灯点亮。



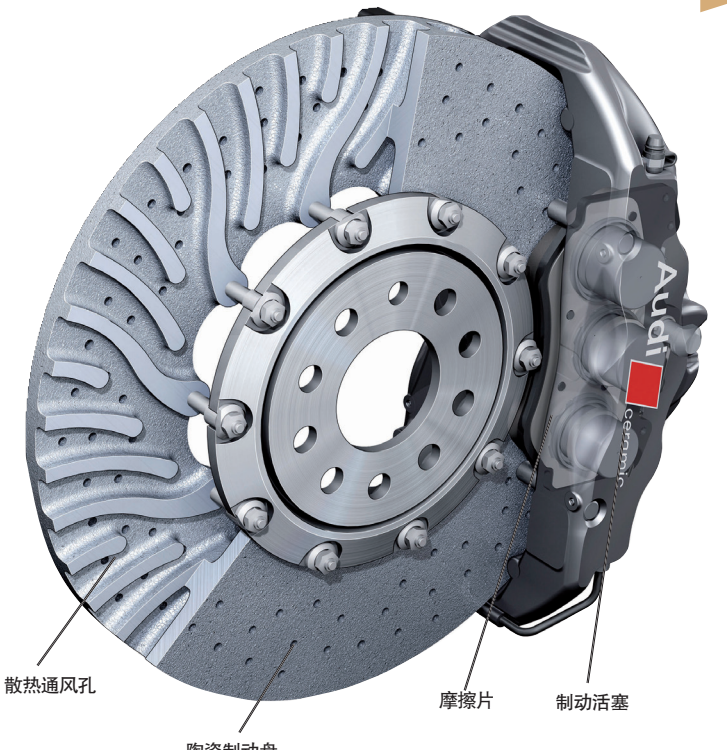
梅赛德斯–奔驰S级汽车制动系统构造及控制线路图



93

陶瓷制动盘有什么优势?

目前性能较好的制动盘是陶瓷制动盘。它能承受 1400℃的高温而不变形、不产生裂缝、不抖动，与铸铁制动盘相比具有明显的优势：首先是它比铸铁制动盘的质量降低了 50％左右，减轻了“簧下重量”；其次是陶瓷制动盘的摩擦系数比铸铁制动盘高 25％左右，提高了制动效率；第三是陶瓷制动盘的表面硬度很高，因此它在制动时的磨损很小，使用寿命能够超过 30 万公里，是钢制制动盘平均寿命的 4 倍。陶瓷制动盘的缺点是价格非常高，一般车主还消费不起。



陶瓷制动盘构造图

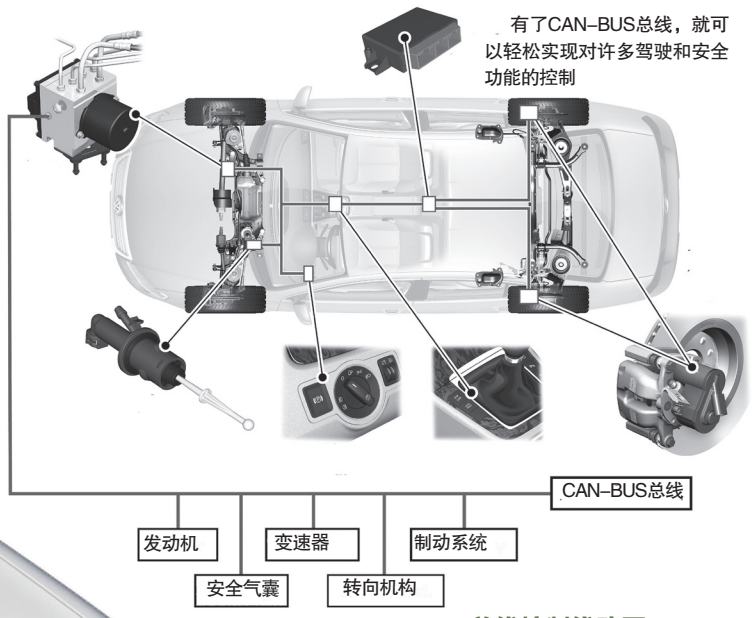
第八章 Electric System 电气系统

看一眼下面的电气线路图，
它像什么？像血管还是神经系统？
汽车上的所有部件，几乎无法与电绝缘，
就像我们日常工作生活离不开电一样。
电气系统控制着发动机、车灯，甚至汽车全身，
它是汽车的中枢神经系统。

94 CAN–BUS 总线是什么?

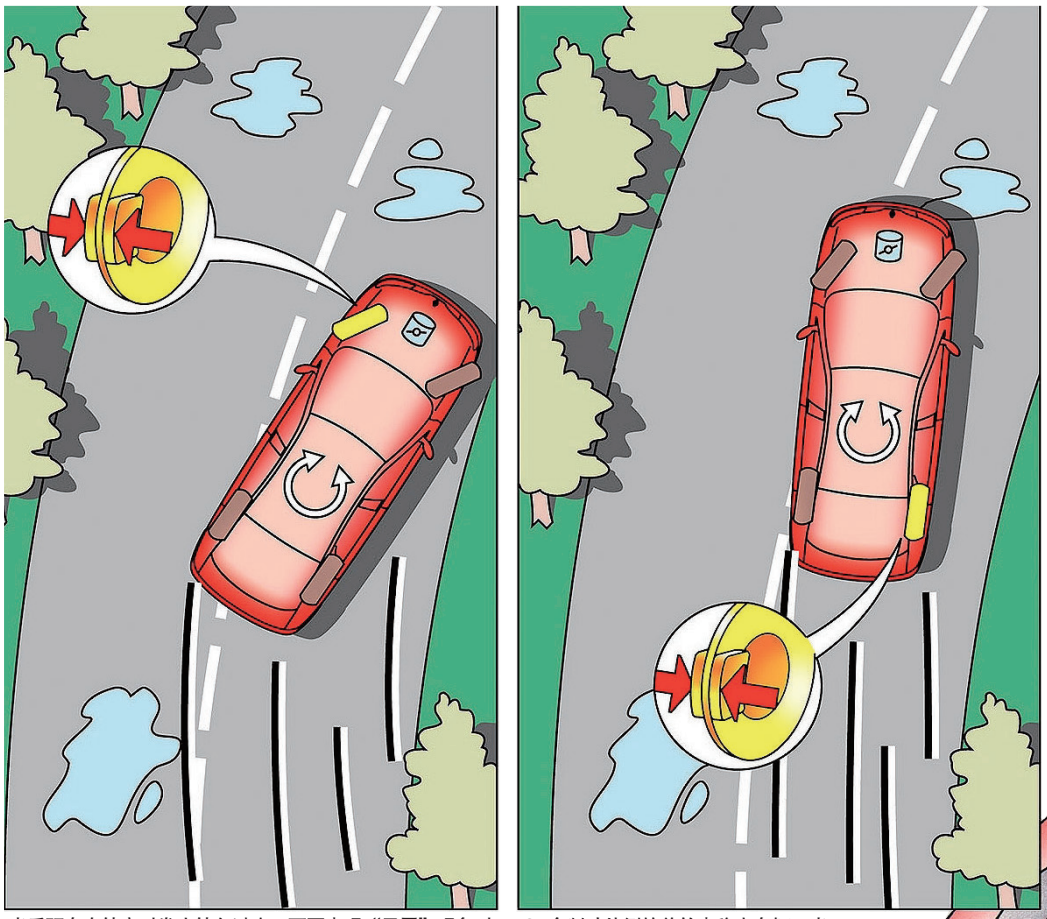
CAN–BUS 总线技术是“控制器局域网总线技术（Controller Area Network–BUS）”的简称，它具有极强的抗干扰和纠错能力，最早被用于飞机、坦克等武器电子系统的通信联络上。将这种技术用于民用汽车最早起源于欧洲，在汽车上，这种总线网络用于车上各种传感器数据的传递。

通过遍布车身的传感器，汽车的各种行驶数据会被发送到“总线”上，凡是需要这些数据的接收端都可以从“总线”上读取需要的信息。CAN 总线的传输数据非常快，可以有效保证数据的实效性和准确性。传统的轿车在发动机室和车身内需要埋设大量线束，以传递传感器采集的信号，而 CAN–BUS 总线技术的应用可以大量减少车体内线束的数量，减少了车体内线束和控制器的接口数量，避免了过多线束存在的互相干涉、磨损等隐患，降低了电气系统的故障发生率。



CAN–BUS总线控制线路图

高尔夫汽车电气系统线路示意图



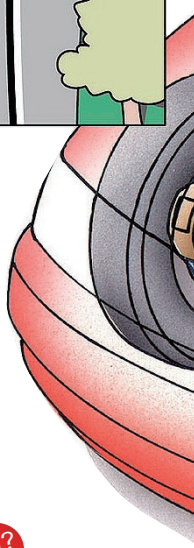
当后驱车在转弯时发生转向过度，而要出现“甩尾”现象时，ESP会制动外侧的前轮来稳定车辆；当前驱车在转弯时发生转向不足而要冲出弯道时，ESP便会制动内侧后轮来纠正车辆的行驶方向

95

电子稳定程序如何介入?

这么说吧，ABS 只能控制车轮的制动力，可以让车轮在出现打滑之前的瞬间进行快速“点制动”，使车轮保持最大的附着力；在 ABS 基础上发展的 TCS 不仅能控制车轮的制动力，还能调节控制发动机的驱动力，共同配合 ABS 来防止汽车在起步和加速时打滑；而 ESP 则是更高级的车辆稳定控制系统，它也是在 ABS、EBD 及 TCS 基础上发展而来，不仅包括 TCS 等功能，可以控制驱动力和制动力，而且可以控制从动轮、分别独立控制每个车轮，从而可以“纠正”更危险的车辆不稳定状况。

如后驱车辆在转弯中发生转向过度而要出现“甩尾”现象时，ESP 会制动外侧的前轮来稳定车辆；当前驱车辆在转弯时发生转向不足而要出现“推头”现象时，ESP 便会制动内侧后轮来纠正车辆的行驶方向。尤其是急打方向盘时（如紧急躲闪路中突然出现的行人），ESP 的介入能够大大降低车身失控（如侧滑、甩尾）的危险。



你知道吗? Do You Know

ESP、DSC 和 VSA

ESP（Electronic Stablity Program，电子稳定程序）是博世对车辆稳定控制系统的称呼，其他公司对此有不同的称呼，可以统称为车辆稳定控制系统。

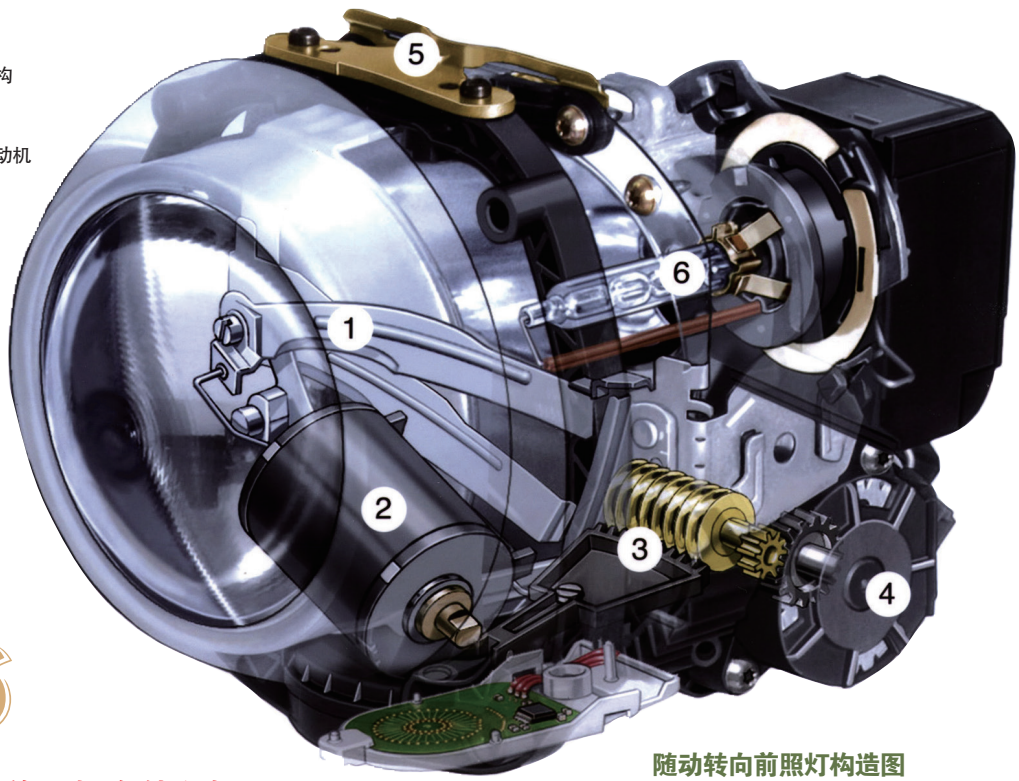
凡是使用博世电子稳定程序的，一般都称之为ESP，如国产的速腾、凯旋、奔驰等。其他汽车公司对与ESP类似的系统有不同的称呼，如本田称之为VSA，丰田称之为VSC，宝马称之为DSC等。其实它们的原理和作用基本相似。

电子稳定程序工作原理示意图

随动转向前照灯可以看到弯道内侧的交通情况

随动转向前照灯示意图

① 自动调整机构
② 电动机
③ 蜗杆
④ 旋转驱动电动机
⑤ 旋转轴
⑥ 氙灯灯泡

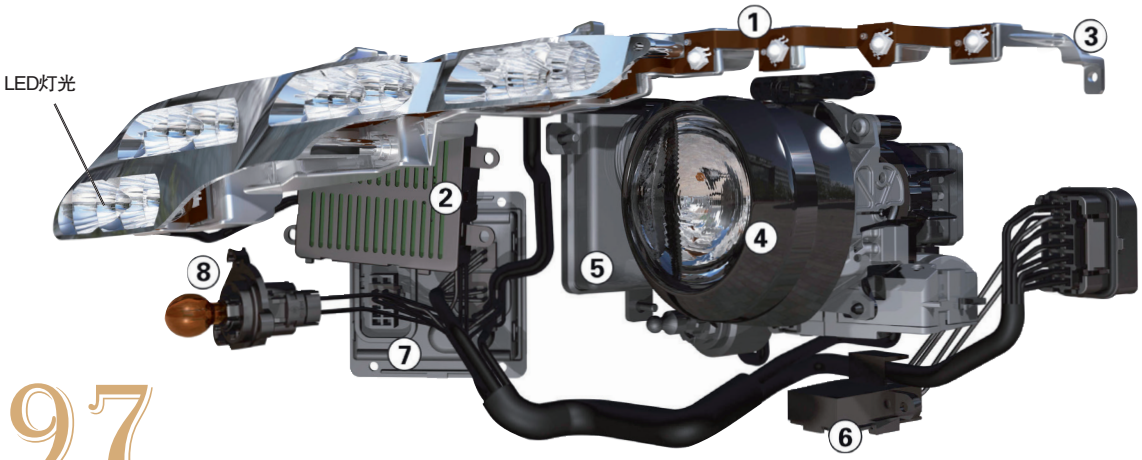


随动转向前照灯构造图

96 随动转向前照灯有什么好处?

随动转向前照灯系统（AFS），也被称为主动转向前照灯。在行驶过程中，当驾驶人转动方向盘的同时，前照灯也会转动一定角度（一般为 15° ），以消除照明死角。尤其是当弯道边上有行人或骑自行车者时，随动转向前照灯显得更为重要。

随动转向前照灯系统不仅可以使前照灯左右转动，它还会根据车身平衡度的变化而自动调节光柱上下角度，例如当制动时、当上坡和下坡时、当前后乘坐人员不等时，车头下探或上仰的同时灯光也会自动调整上下角度，以维持光照的范围不变，从而提高行车的安全性能。



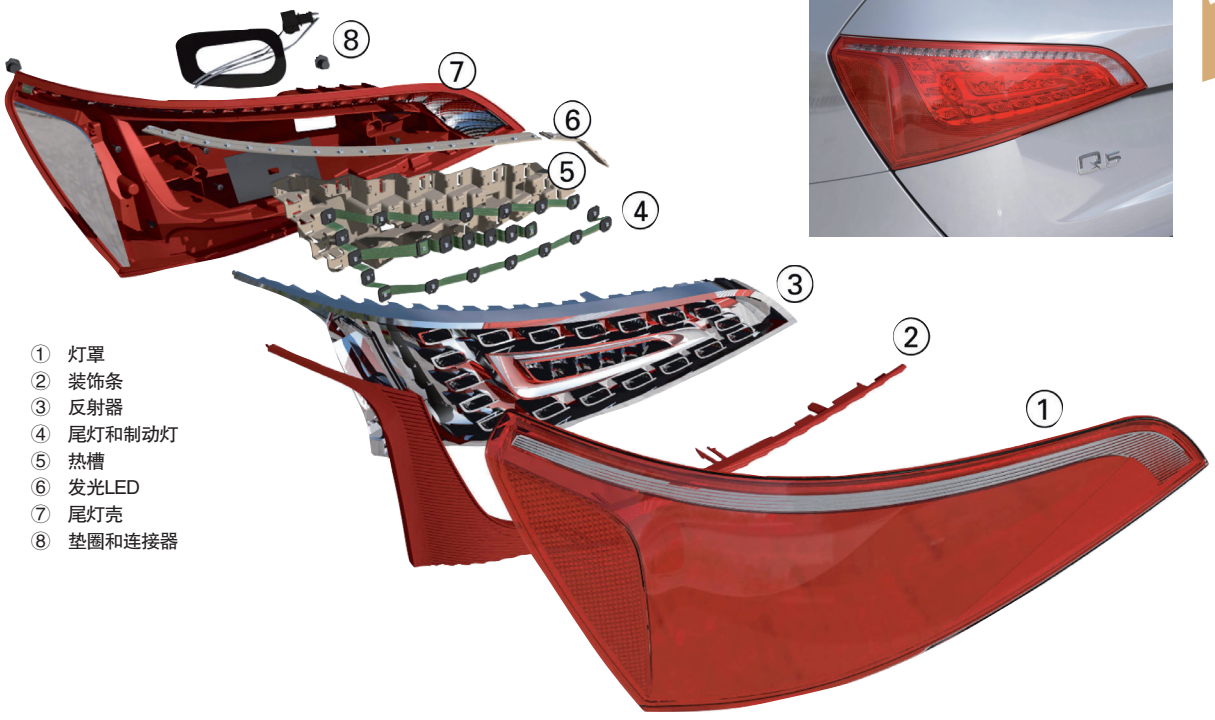
97

LED 车灯为何寿命长?

第四代汽车前照灯光源是半导体发光二极管 (LED)。它不是通过热能使物体升温而发光，而是由电能直接转换为光能，因而称之为冷光，它的寿命将更长。LED 现在主要应用于汽车尾灯上，在前照灯上应用的极少，而且也只是作为示宽灯使用。

① LED
② LED控制单元
③ LED散热片
④ 氙灯
⑤ 氙灯稳定器
⑥ 远光灯开关控制
⑦ 电源模块
⑧ 转向灯单元

装有LED示宽灯的前照灯结构图



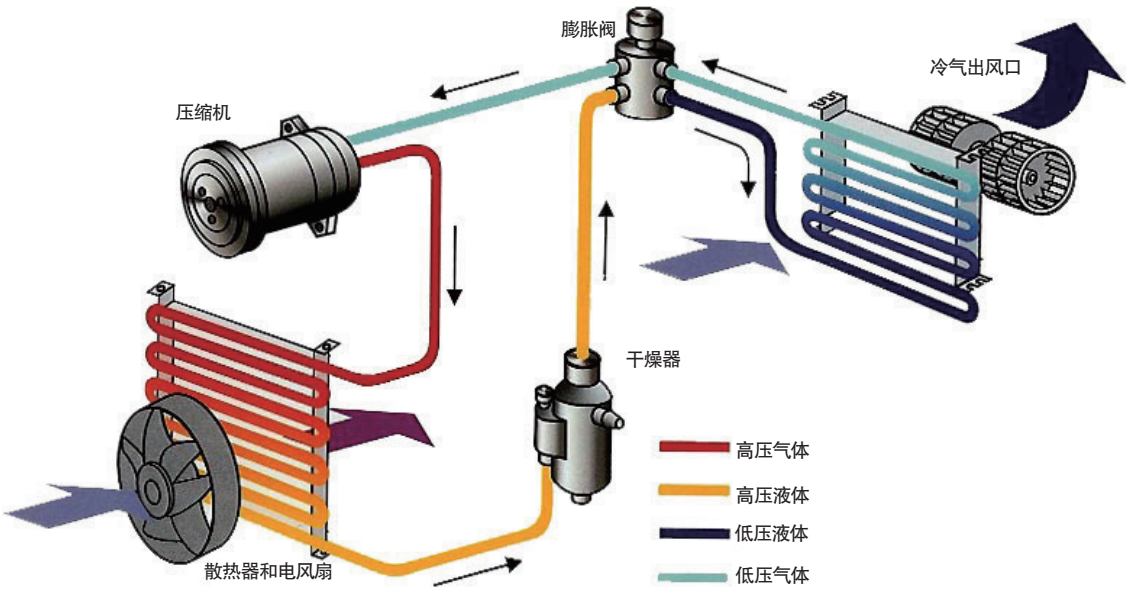
① 灯罩
② 装饰条
③ 反射器
④ 尾灯和制动灯
⑤ 热槽
⑥ 发光LED
⑦ 尾灯壳
⑧ 垫圈和连接器

奥迪Q5汽车LED尾灯构造图

98 空调为何能制冷？

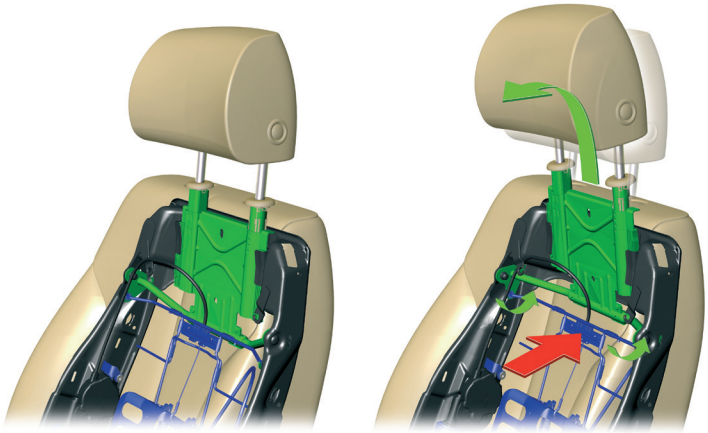
当小孩发高烧时，最有效的物理降温法是用酒精来擦拭皮肤，酒精挥发时就会带走孩子身上的热，从而皮肤会感觉到凉爽。其实包括家用空调在内的所有空调的制冷原理，基本都是利用易于蒸发的制冷剂来代替酒精，使它汽化，然后带走空气中的热量，从而达到制冷效果。

为了将汽化后的制冷剂再变成液体并释放出它携带的热量，采用空气压缩机以高压压缩制冷气体，使它转变成液体后再循环使用，这样就可持续地为车内制冷。压缩机由发动机驱动，只有在汽车起动后，空调才会工作。



汽车空调工作原理示意图

四区空调出风口示意图



主动头枕示意图

99 主动头枕如何动作?

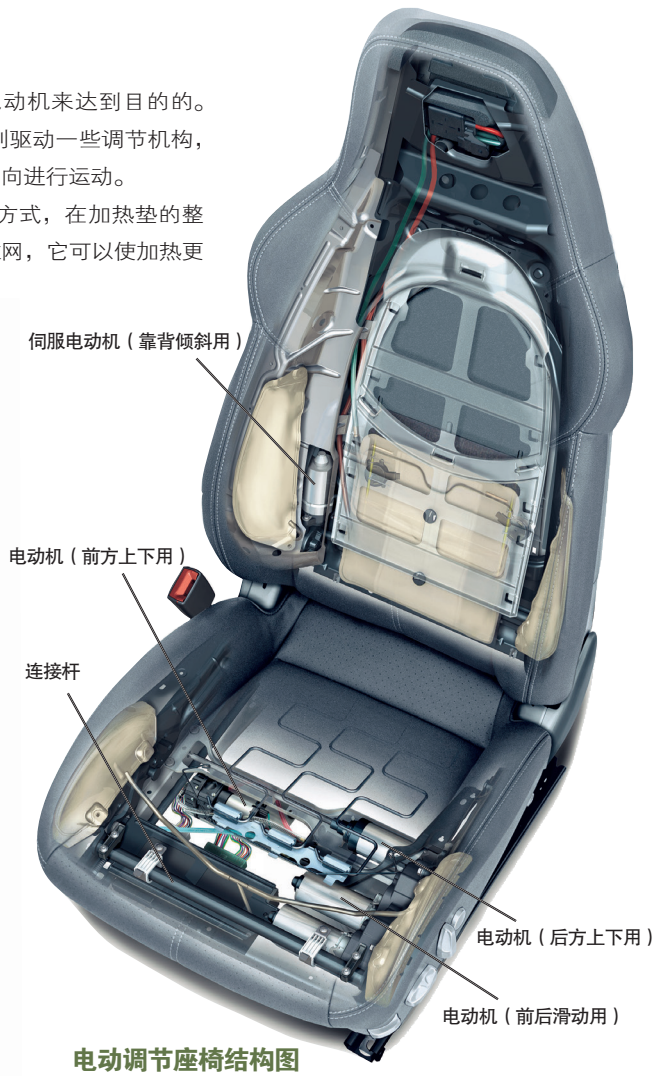
当汽车受到后方车辆的撞击时，车内驾乘人员的头部会有一个向后猛甩的动作，这很容易造成颈椎受伤。主动头枕则可以在撞击的瞬间将头枕向前和向上伸展，从而可以“托着”头部，使驾乘人员头部免于受到伤害。

100 电动座椅如何调整和加热?

电动座椅的调整基本都是依靠微型电动机来达到目的的。在座椅内部装有多部微型电动机，它们分别驱动一些调节机构，从而使座椅靠背、坐垫、头枕等按照一定方向进行运动。

座椅加热功能是采用碳纤维加热元的方式，在加热垫的整个加热区域上并联或串联许多微小的碳纤维网，它可以使加热更均匀。

座椅加热功能示意图



电动调节座椅结构图

安全气囊启爆过程图

101

安全气囊什么时候才会启爆?

安全气囊由折叠好的气囊、充气器、点火器、氮气固态粒子和相应的加速度传感器、控制器等组成。它的工作过程是：当碰撞发生时，控制器根据传感器发出的加速度信号，识别和判断碰撞的强度，当碰撞强度达到设计条件时，引爆气囊的传感器迅速触动点火器引爆氮气固态粒子，形成迅速膨胀的气袋，以缓冲前排乘客所遭受的冲击力度，主要保护其头部不受伤害。

实际上安全气囊是个爆炸装置，但它不会轻易启爆。一般说来，只有以一定速度撞击硬性物体时，汽车的安全气囊才可能会打开，后碰、翻转，或较低车速碰撞时，甚至轿车追尾钻入大货车尾部中时，都不一定导致安全气囊启爆。

安全气囊碰撞传感器示意图

软顶篷开启过程示意图

软顶篷开关执行机构示意图

102 折叠顶篷如何开关?

折叠顶篷分软顶和硬顶两大类，其中软顶还分自动折叠和手动折叠两种。像奔驰、宝马、标致等都装备有硬顶折叠顶篷，一般都分为三片式折叠设计，轻触顶篷按钮或遥控钥匙，就可用 20 多秒打开，然后将顶篷自动收入行李箱中。关闭也是自动的，只需按下操作钮，顶篷即可自动从行李箱中伸展出来，并严丝合缝地扣在车顶上。

103

驾驶模式选项有什么用处?

在传统汽车上，当调校驾驶性能的控制系统时，往往必须在各性能之间有所取舍，驾驶人通常很难同时兼顾舒适性与运动性。因此奥迪研发了奥迪驾驶模式选项（Audi Drive Select）并应用于多款奥迪最新车型。该系统可以协助驾驶人对发动机运行、自动变速器、转向系统进行调节。只需通过控制按钮的轻松操作，驾驶人就可以在所需要的“运动”、“自动”和“舒适”模式之间进行转换。奥迪驾驶模式选项的主要组成部分是采用新款叠式齿轮的动态转向系统和先进的电子控制。这些技术解决了轻松舒适与动力性驾驶乐趣之间的矛盾。

驾驶模式选项都可以改变哪些参数?

发动机：改变节气门踏板性能和负载变化表现；
自动变速器：改变发动机转速的换档点；
转向助力：改变随速助力转向系统的转向转矩曲线；
转向比：根据道路行驶速度改变动态转向系统的转向比。

奥迪A4轿车驾驶模式选项集成系统示意图

104

什么是预警安全系统?

随着电脑和信息技术的进步，各种名称不同的预警安全系统越来越多，下面以奥迪 A8 上安装的前排预警为例做简单介绍。

第一阶段：

当前方车辆突然制动或者本车快速靠近前车的情况下，预警安全系统会以红色警示标志和音响提示向驾驶人提出警告，同时预先提高制动系统内的液压并增加空气悬架的硬度以应备随时可能出现的紧急制动。第一阶段的综合警示起到了第一时间提醒驾驶人进行制动的效果，这往往也是避免事故发生的最佳时机。

第二阶段：

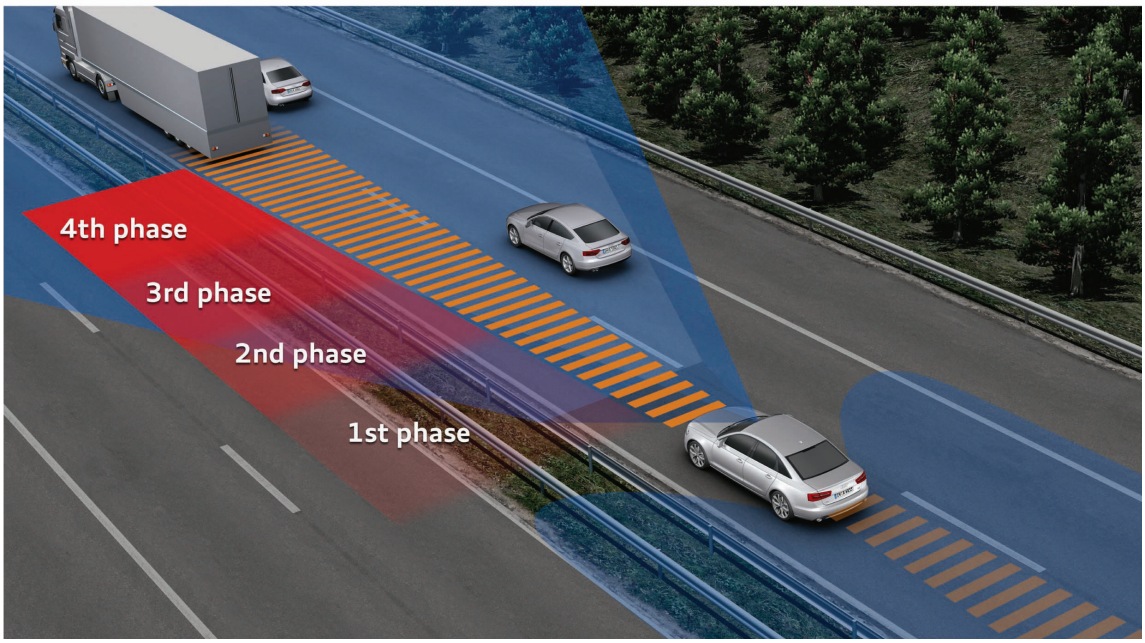
如果驾驶人对第一阶段的干预无动于衷，制动系统会使用之前已经建立的制动系统液压制造一次点制动，由此引发的车辆振动会吸引驾驶人足够的注意力，并使其对当前的危险状况进行主动人为干预。同时，系统通过轻度收紧安全带的方式提醒驾驶人注意可能发生的危险。此时，如果驾驶人采取制动措施，制动系统会根据与前方障碍物的距离主动提供精准的制动力。值得一提的是，在第一阶段预先建立的制动油压为第二阶段的制动节省了0.2秒左右的时间——不要小看这0.2秒，当在车速为130公里/小时的情况下，这意味着将制动距离缩短了7米之多。

第三阶段：

第二阶段预警干预做出后，如果驾驶人仍然不采取应对措施，系统将强行进入第三阶段的预警干预——事实上，这个阶段已经由警示转化为干预——奥迪预防式整体安全系统会果断地以3米/秒^{2}的加速度进行自动制动，同时迅速关闭车窗与天窗，并自动开启危险警告灯。

第四阶段：

如果事情发展到第四阶段，汽车就要拉紧安全带并全力制动了。



105 自动跟车自适应巡航系统有什么优势?

带有 Stop & Go 功能的全新自适应巡航系统 (ACC) 已装备在新奥迪 A8 和新一代 A6 上。雷达传感器能够协助全新奥迪 A8L 保持与前车的固定距离，并能够在 0~250 公里 / 小时的区间内保持与前车速度的一致。这套系统的 Stop & Go 功能将车主从缓慢的城市交通中彻底解脱出来，停停走走的车辆起停操作被自适应巡航代替——每当前车开始移动，车辆便会随之起动并恢复跟随前车。在长时间停车的情况下，例如路边停车或长时间红灯，驾驶人在交通恢复通畅后仅需在加速踏板上轻点一下，或者在 ACC 控制杆上按下按钮，车辆便会在接下来的 15 秒之内根据具体路况自动寻找最佳起步时机并且恢复跟随前车。

带 Stop & Go 功能的 ACC 系统使用两个雷达传感器，76.5GHz 高频雷达波涵盖了前方 40° 角内 250 米长的范围。电脑根据雷达波的回馈判断出前方是否有车辆，以及车辆的速度及相对位置。一个微型摄像机也安装在车内后视镜附近，它可以监测车前方 40° 角内 60 米长的范围。驾驶人能够对 Stop & Go 功能进行调节，以改变跟车模式，比如跟车时不同的加速减速响应以及响应幅度等均可选择。

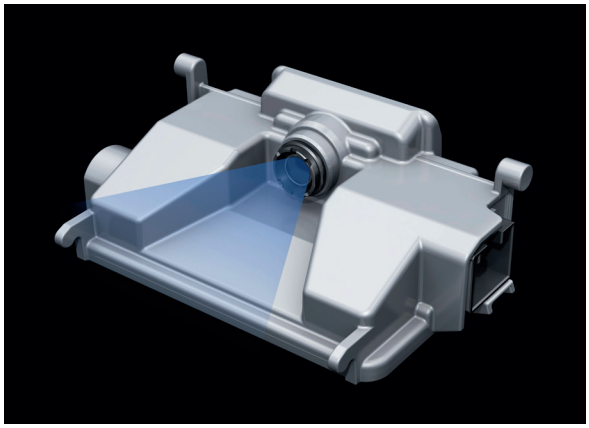
装置在车前方的雷达可以探测车前方40° 角内250米长范围内的路况

106

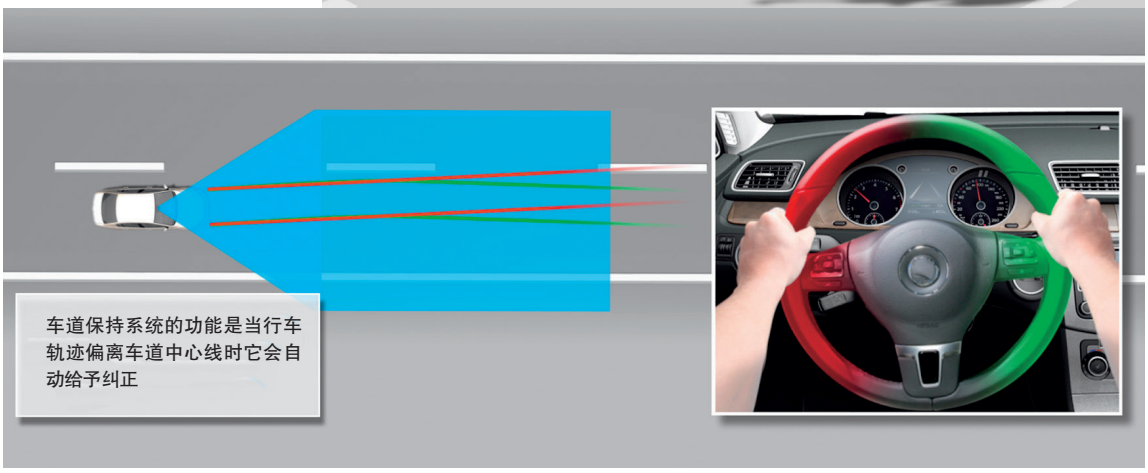
什么是车道保持系统?

车道保持系统的功能是当行车轨迹偏离车道中心线时它会自动给予纠正，但在驾驶人打开转向灯时则不予以纠正。

车道保持系统应用的前提是车辆必须配用电动助力转向系统（EPS），另外还要在前风窗玻璃上端安装数字式摄像头，实时拍摄前方道路上的车道线。拍摄的图像由电脑进行实时处理分析，如果发现行驶路线偏离车道中心线并且超过设定的偏离值，电脑就会向EPS发出指令对方向盘施加转向力（大众汽车上的车道保持系统可以施加3牛·米的转向力矩），对车辆行驶方向进行纠正。



用于车道偏离警告系统的摄像头



第九章 Body Structure
车身构造

车身，汽车身体的简称，
人们仍在以貌取车，车身是最先受关注的地方，
它担负着展示汽车形象气质、风格特点的任务。
对于承载式的轿车车身来说，其任务更重，
要承载发动机、变速器等几乎所有汽车部件，
同时还要抵抗撞击、翻滚等暴力，并保护驾乘人员。

107

汽车如何分“厢”？

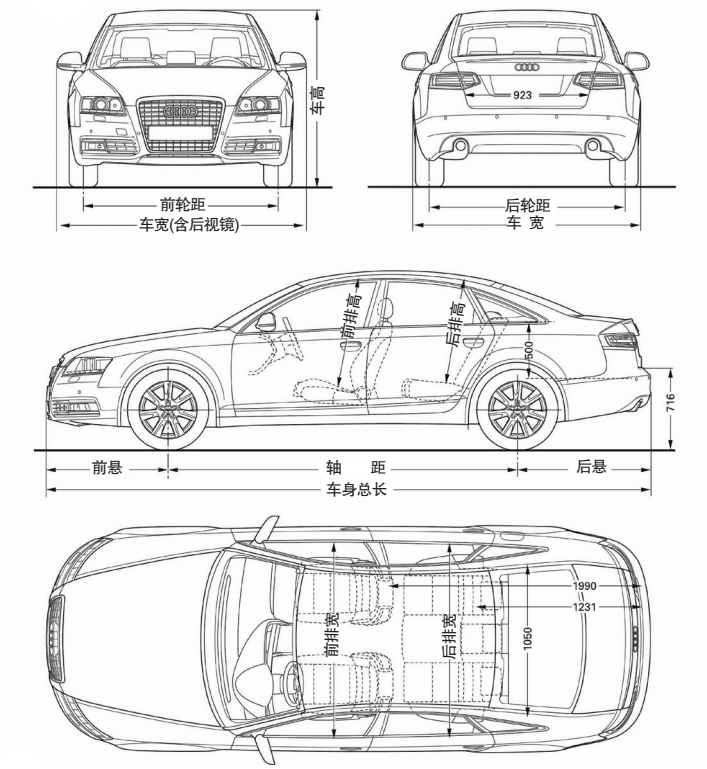
一般将轿车的发动机室、驾乘室、行李箱分别称为轿车的三个独立的“厢”。如果这三个厢都是互不相通的，就称为三厢车；如果驾乘室和行李箱是合在一起的，相当于三厢车“没屁股”，则就称为两厢车。单厢车比较难分，除非过去的平头面包车是毫无疑义的单厢车外，一些 MPV 车型则很难说它是单厢还是两厢车。像下面这个车型你说它是几厢？

108

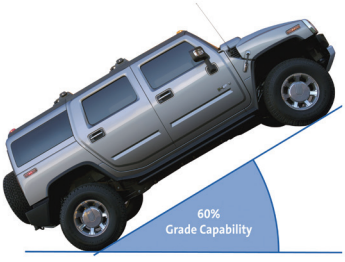
车身规格如何标注?

现在全世界各汽车厂商在汽车车身规格的标注方面，基本上都统一了，尤其是车身总长、轴距、轮距、前悬、后悬等规格上，都完全一样。但在车身总宽和总高上稍有区别，有的包括后视镜和车顶行李架，有的则不包括。因此，包括后视镜或车顶行李架的一般都要加以注明。

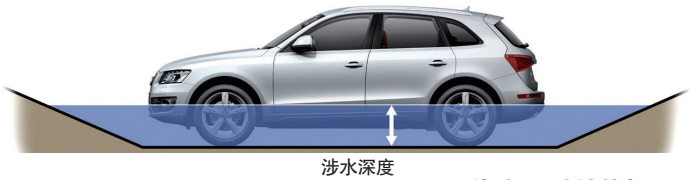
在测量车内空间时，由于车门内侧有扶手，座椅又能多方向调节等，在测量内部空间尺寸时也稍有区别。

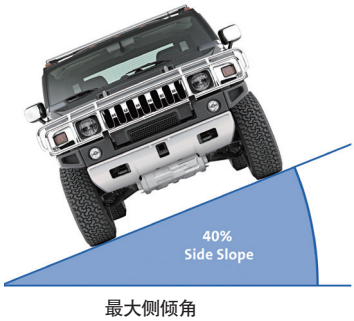


车身规格标注示意图



最大爬坡度





最大侧倾角

汽车通过性能标示图

非承载式车身构造图

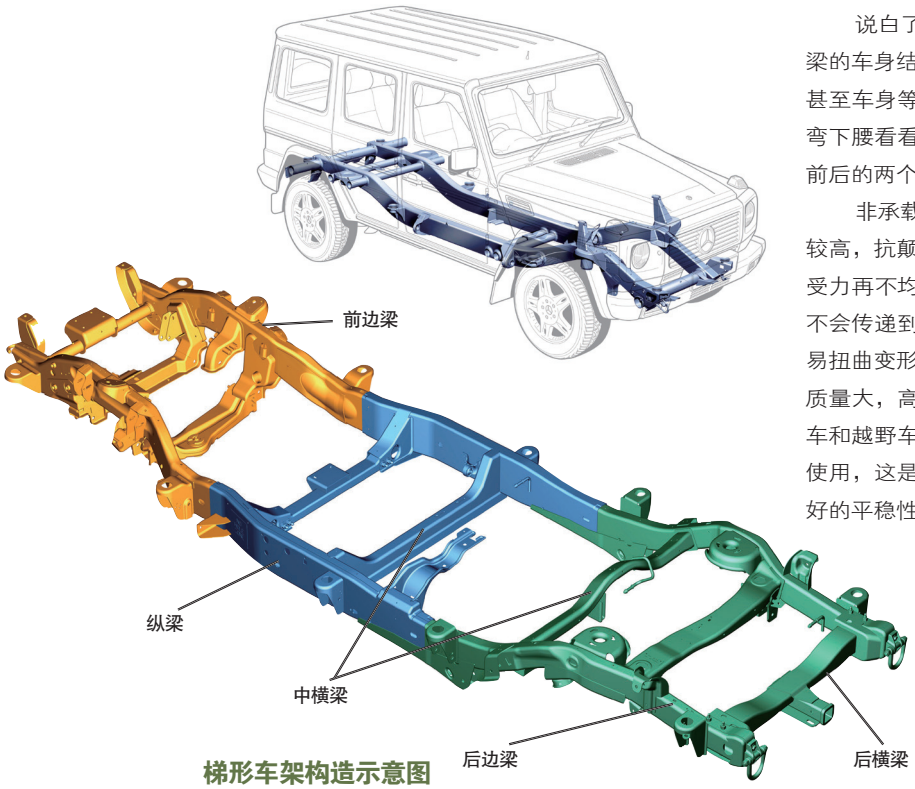
109

什么是非承载式车身？

非承载式车身的汽车有一个刚性车架，又称底盘大梁架，发动机、传动系统、车身等总成部件都固定在车架上，车架通过前后悬架装置与车轮连接。

说白了，非承载式车身就是有大梁的车身结构，发动机、传动、悬架，甚至车身等都固定在车架上。如果你弯下腰看看车底的话，会发现有贯穿前后的两个纵梁。

非承载式车身的优点是底盘强度较高，抗颠簸性能好，即使四个车轮受力再不均匀，也是由车架承担，而不会传递到车身上去，因此，车身不易扭曲变形。非承载式车身比较笨重，质量大，高度高，一般用在货车、客车和越野车上。但也有部分高级轿车使用，这是因为非承载式车身具有较好的平稳性和安全性。

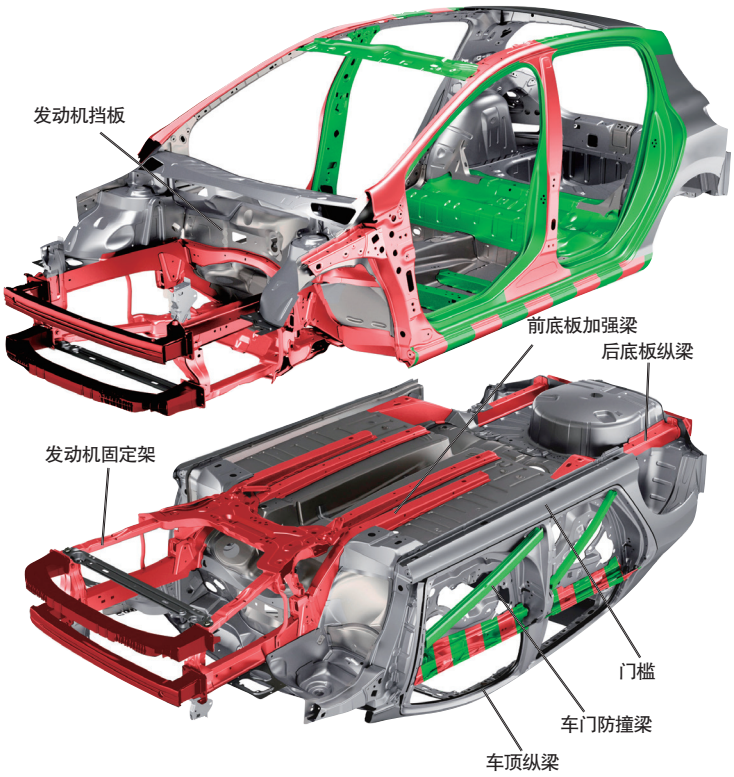


梯形车架构造示意图

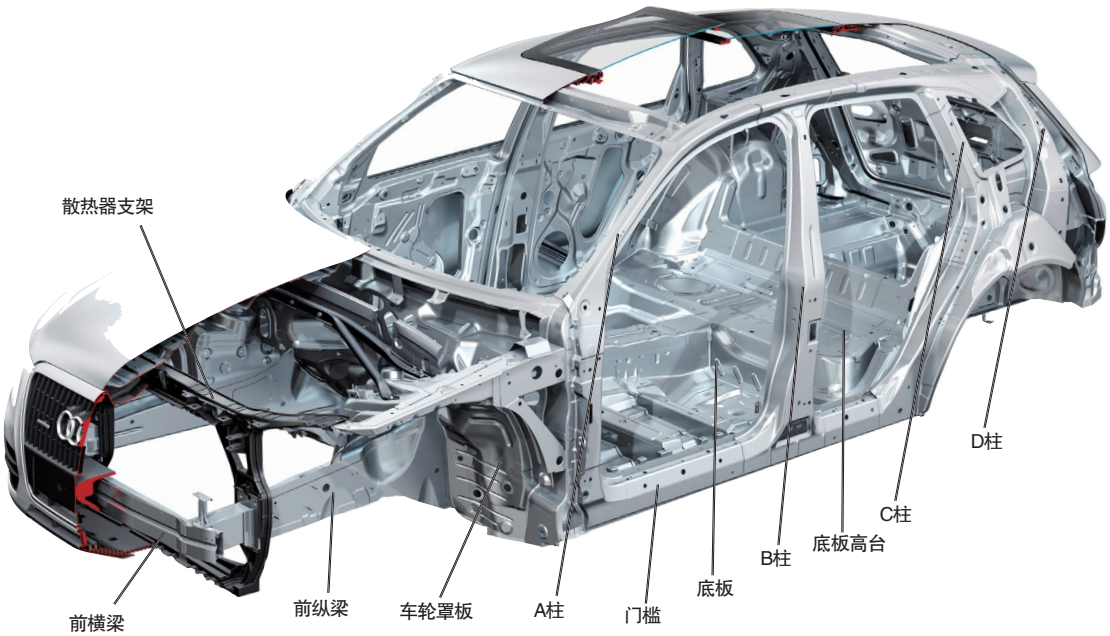
110

什么是承载式车身?

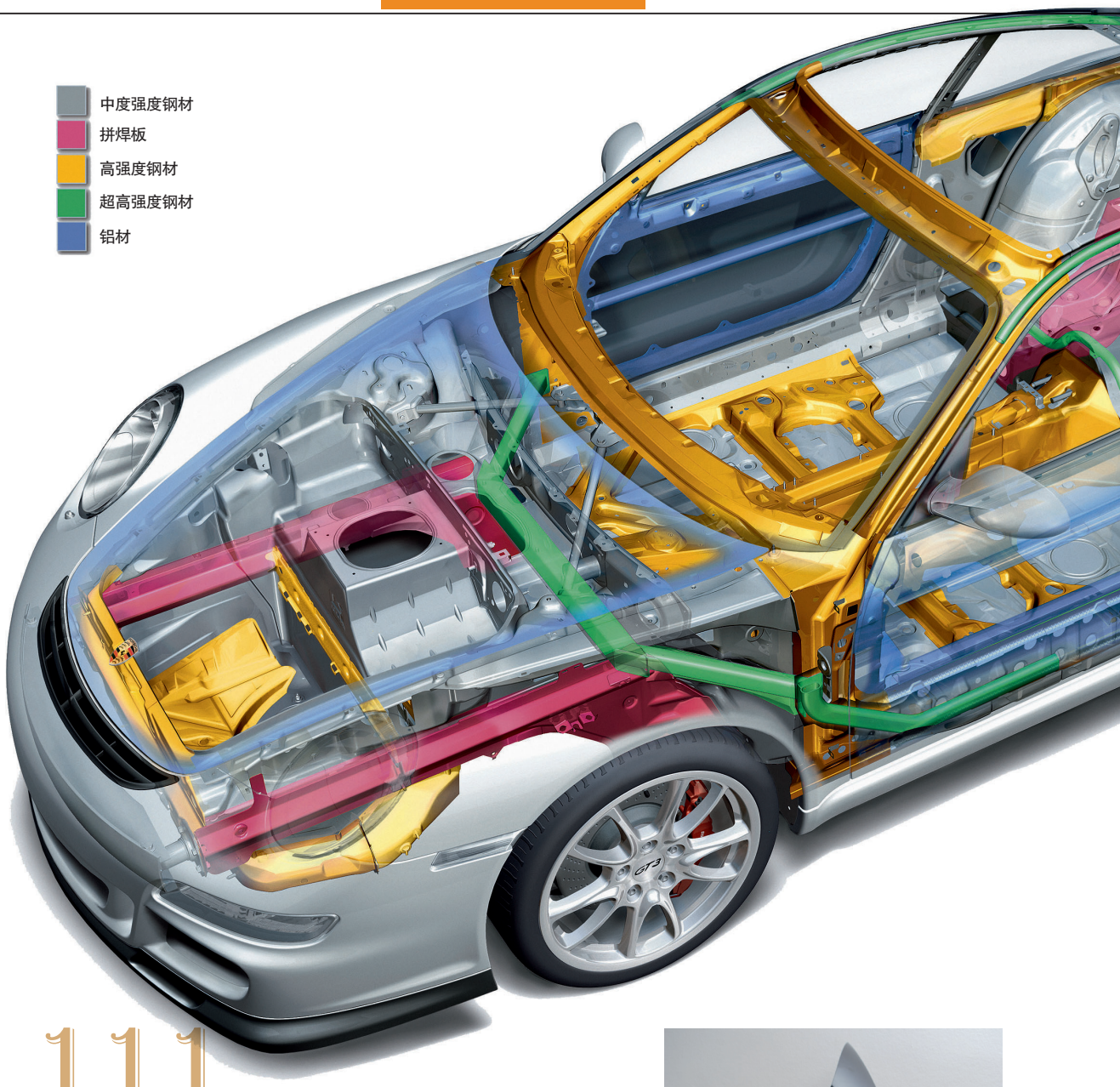
承载式车身的汽车没有刚性车架，只是加强了车头、侧围、车尾、底板等部位，发动机、前后悬架、传动系统的一部分等总成部件都装配在车身上，车身负载通过悬架装置传给车轮。其实，承载式车身就是整个车身为一体，没有所谓的大梁，悬架直接连在车身上。现在轿车几乎都采用承载式车身，打开发动机盖，就会发现前悬架连在了前翼子板内侧的车身上。承载式的车身优势是：公路行驶非常平稳，整个车身为一体，固有频率振动低，噪声小，重量轻，比较省油。缺点就是底盘强度远不如有大梁结构的非承载式车身，当四个车轮受力不均匀时，车身会发生变形。



承载式车身构造图1



承载式车身构造图2



111

车身为何要采用不同的材料?

车身上的钢板强度越高，对安全并不一定就越有利，而是要看用在什么地方。车身一些地方的钢板强度要比较低些，如车前和车尾部的材料，以便能够吸收撞击力，而一些又必须有极高的强度，如驾乘室的框架，以便驾乘室空间尽量不变形。

由于翼子板强度大小对驾乘人员的安全防护基本没什么影响，为了减轻车身重量，一些轿车已开始采用塑料等非金属材料来制作翼子板。由于塑料弹性较好，它还能起到保护行人的作用。

轿车的前翼子板可采用重量更轻的材料替代钢材，不仅对行人保护有好处，而且还可减轻车身重量

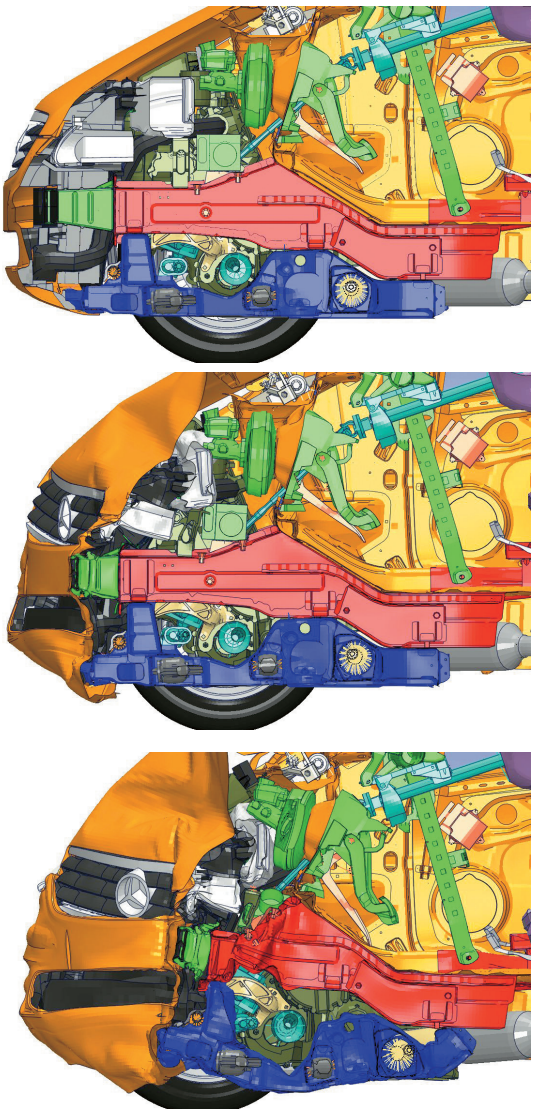
车身用材料强度示意图

112

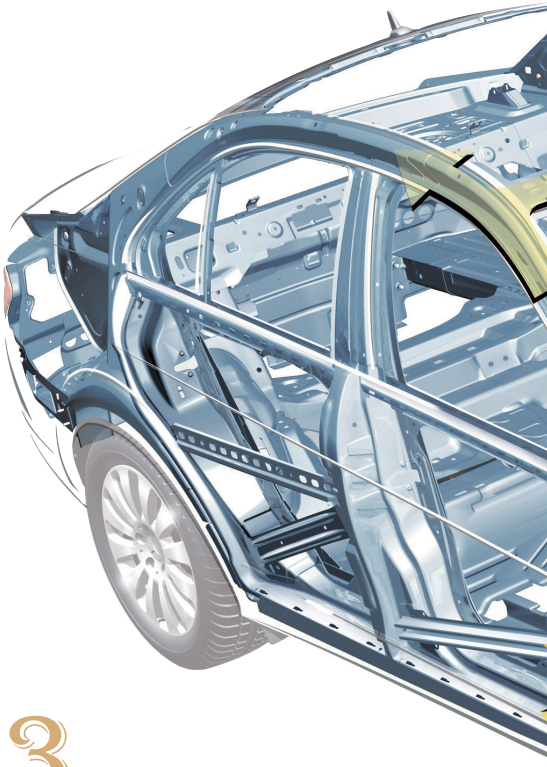
车门防撞钢梁起什么作用?

人在受到侧面撞击时更危险，因为驾乘人员的身体与车门间没有多大空隙，它不像受到正面撞击时，至少驾乘人员前方还有一定的空间作为缓冲，侧面受到撞击时，几乎没什么可缓冲的余地，直接就会受到外力的侵害。因此，车门防撞钢梁就成了最重要的防线。可以说，防撞钢梁的构造和强度越强，对驾乘人员的防护就越好，驾乘人员的安全系数就越高。

车门防撞钢梁示意图



正面碰撞时溃缩吸能示意图



113

什么是溃缩吸能车身?

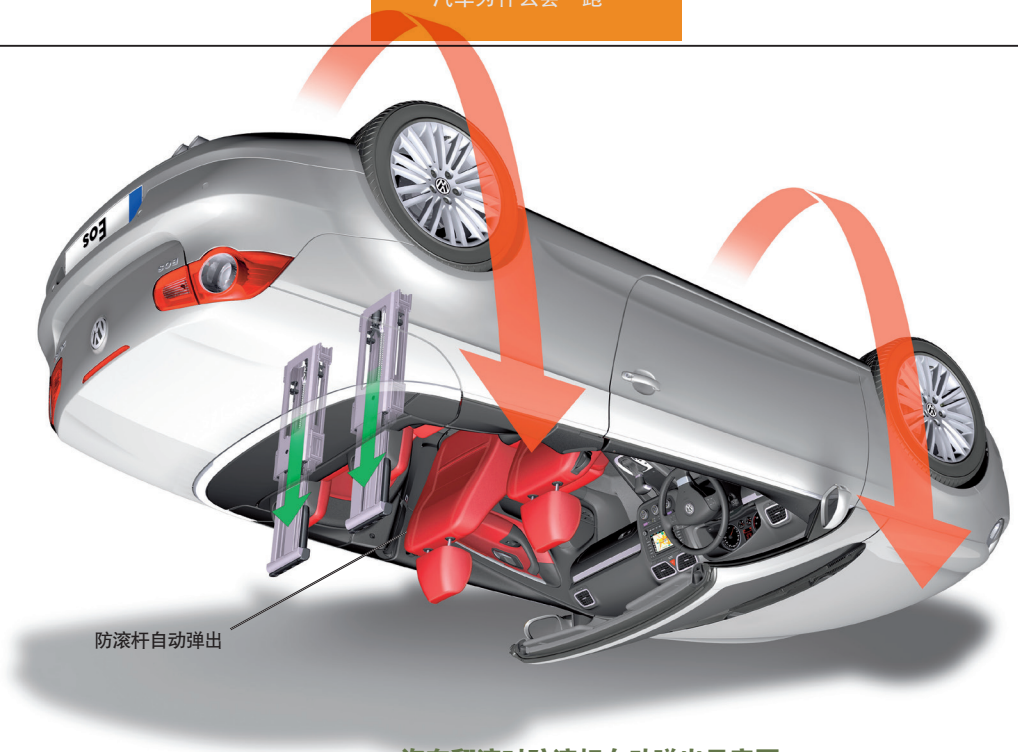
汽车碰撞中，最重要的是保护车内驾乘人员的安全，因此，在碰撞中驾乘室的变形越小越好。在汽车受到正面撞击时，让传递到驾乘室的撞击力越小越好，最好是前面的构造能“舍己救人”，自己先溃缩，吸收一部分撞击能量。

114 什么是冲力转移设计？

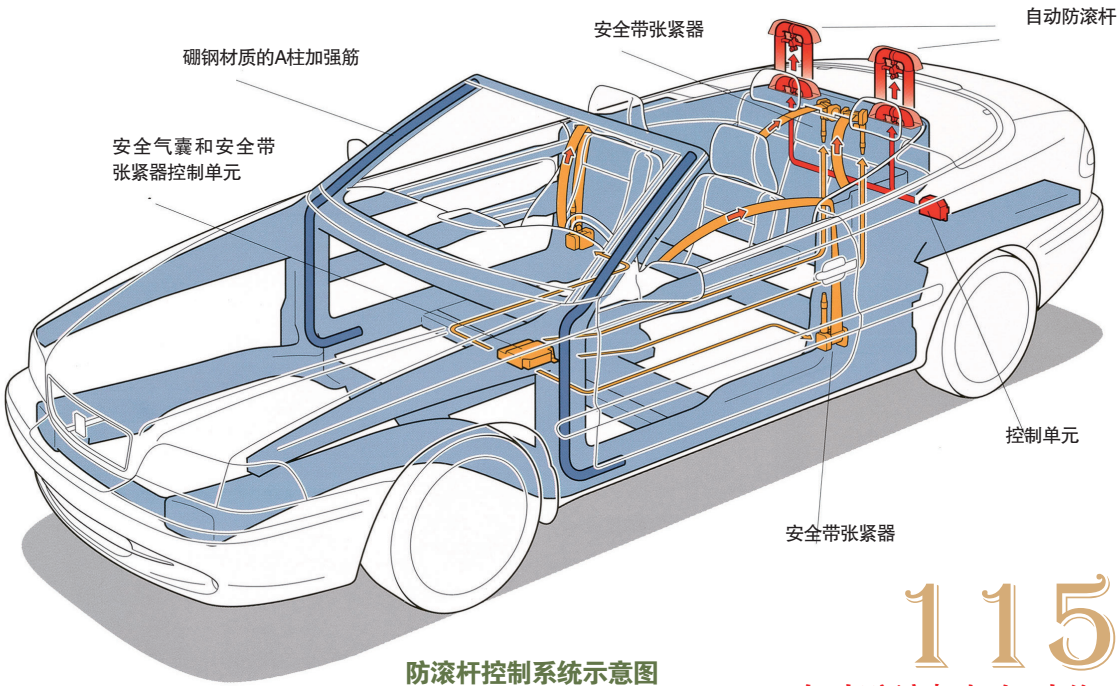
为了保护驾乘室中的驾乘人员，当汽车受到正面、侧面和后面的撞击时，利用巧妙的车身构造设计，还可以将撞击力分散、转移到更大范围，从而减轻驾乘室的变形，保护车中驾乘人员安全。

正面撞击冲力分散示意图

侧面撞击冲力分散示意图



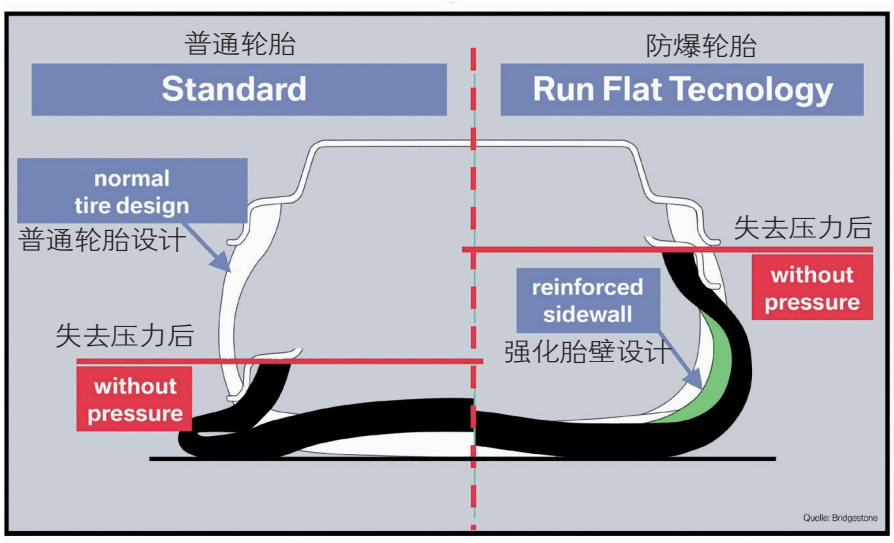
汽车翻滚时防滚杆自动弹出示意图



防滚杆控制系统示意图

115 自动防滚杆如何动作?

对于敞篷车来说，由于它的车身不是封闭式的，而是“开口”的，当它翻车时，没有较硬的车顶来保护车中驾乘人员，致使驾乘人员处于十分危险的境地。因此，许多敞篷车都设计有防滚杆，在翻车时可以起支撑作用，以保护驾乘人员的安全。自动防滚杆就是在翻车时，防滚杆可以自动升起一定高度，以提高它对驾乘人员的防护能力。



防爆轮胎原理示意图

116 防爆轮胎怎样防爆?

宝马车上装备的防爆轮胎称为RSC，它由特别设计的轮胎和轮胎压力监视器（TPI）组成。一旦轮胎压力开始下降，RSC立即向驾驶人发出警告，但是即使轮胎压力下降为零，RSC仍能确保轮胎安全地固定在轮辋上，使轮胎继续行驶一定的距离。这样，车辆上不再需要放置备胎、修理套件和千斤顶，而驾驶人也无需在路边亲自更换轮胎。

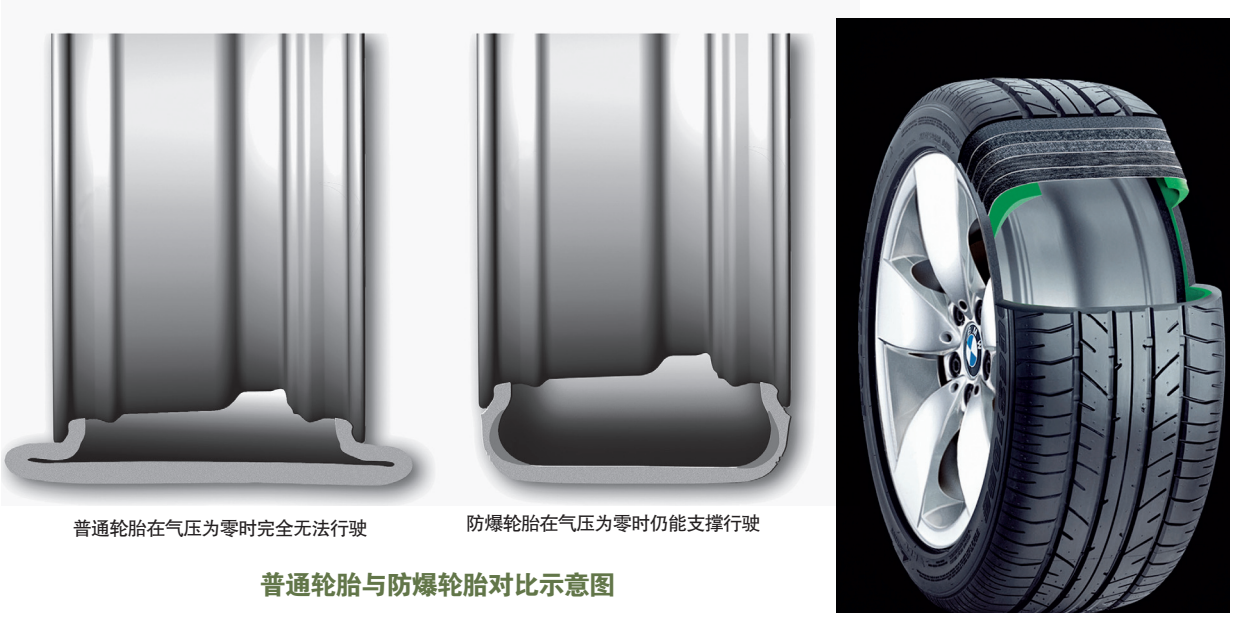
这种防爆轮胎具有较坚硬的胎壁，而且还具有经过特殊设计的轮辋凸峰。这种凸峰能够防止轮胎在压力突然下降后脱离轮辋。RSC轮胎与传统轮胎的不同之处包括防爆特性、加强的侧壁、附加的气门嘴条带和高耐热性的合成橡胶材料等。根据车辆负载情况，这种胎壁异常坚硬的轮胎能够在压力降至最低的情况下，使车辆以80公里/小时的最高车速继续行驶50~250公里。

原理：

RSC轮胎中包含的TPI通过不断比较各个轮胎的转速而对各个轮胎的气压进行监视（轮胎压力越低，其转速越高）。在车速超过15公里/小时、轮胎压力下降幅度超过30%时，如果某个轮胎的转速发生不规则变化，系统将通过警告灯和声音信号提醒驾驶人注意。

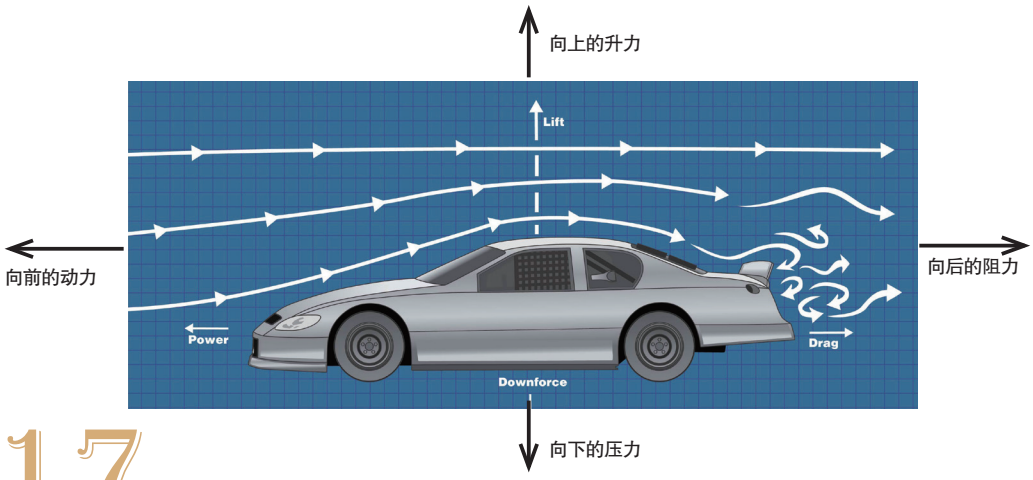
特点：

在轮胎逐渐失压的情况下，例如刺穿程度为80%时，在这种情况下，装备了自适应驾驶系统的车型可自动将车重转移到仍然保持最佳胎压的车轮，减轻泄气轮胎的负荷，从而进一步延长续驶里程。



普通轮胎在气压为零时完全无法行驶　　防爆轮胎在气压为零时仍能支撑行驶

普通轮胎与防爆轮胎对比示意图



汽车行驶中受力示意图

117

汽车行驶时为何会产生升力?

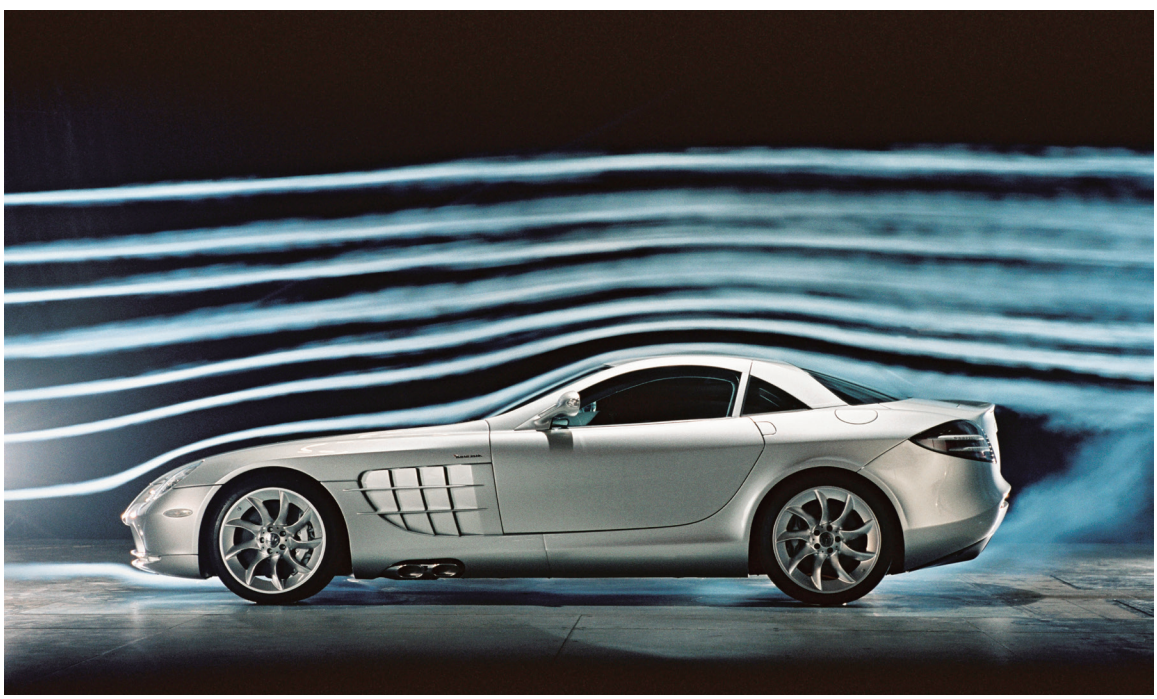
汽车在行驶时会受到四种力量：向前的动力、向后的阻力、向下的重力、向上的升力。

流线形的车身与飞机机翼有一个共同点：在它们上部表面掠过的空气，其流程比在它们底部掠过的空气流程长。空气流程越长，其速度也越快。根据流体力学中伯努利（Bernoulli）定律：流体速度越快，压力就会越小。因此，汽车上部所受的空气压力要比底部小，结果便会产生空气升力。

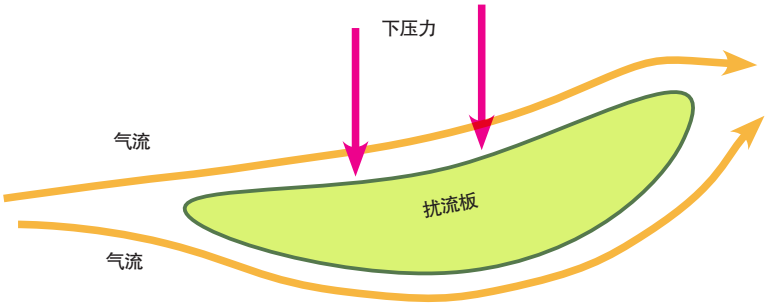
或者这样理解升力产生的原因：当汽车前进时，气流与车头互相碰撞后，有一部分气流会从车子上方飘过，一部分则从车底飘过。因为从车顶飘过的气流行程较长，因此气流密度也就降低了；而从车底飘过的气流，则有点被“压缩”的情形，压力较上部气流大，因此每辆汽车多少都有些升力。

升力是飞行的基本要素，但就陆地行驶来说，升力却是不利因素。因为车轮要紧贴路面才能产生抓地力。

升力及其他空气动力都会影响汽车行驶的稳定性，升力越大，稳定性越差。



汽车行驶时气流通过车身时的情景



扰流板的形状和飞机机翼一样，但却是上下反过来放置的，目的则与飞机机翼产生升力的作用相反，而是产生下压力，以增强后轮的下压力，保证汽车高速行驶时的稳定性。

118

扰流板起什么作用?

所谓的扰流板是安装在汽车车身上的一些板类件，以改善和平衡汽车高速行驶时的动力与稳定性能。

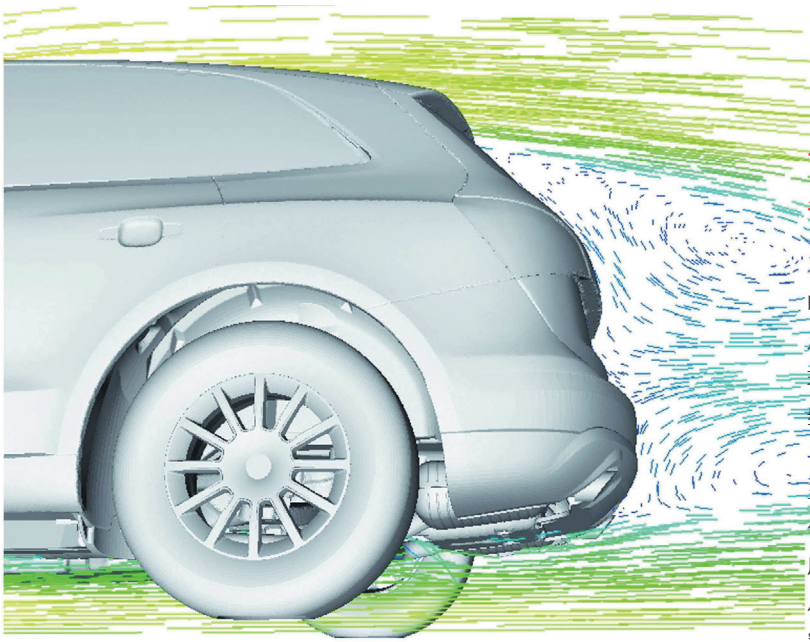
为了减少轿车在高速行驶时所产生的升力，汽车设计师除了在轿车外形方面做改进外，还在轿车行李箱盖上后端做成像鸭尾似的突出物，将从车顶冲下来的气流阻滞一下形成向下的作用力，这种突出物称为扰流板。

这种扰流板是人们受到飞机机翼的启发而产生的。在汽车尾端上安装的这个平行板的横截面与机翼的横截面相同，只是反过来安装，平滑面在上，抛物面在下，这样车子在行驶中会产生与升力同样性质的作用力，只是方向相反，利用这个向下的力来抵消车身上的升力，从而保障了行车的安全。

汽车上的扰流板有多种式样。如赛车上的扰流板较高，这是为了充分发挥扰流作用，使没有乱流的气流直接作用在扰流板上，而且使它产生的下压力不致作用于车身而抵消其效应。因此必须将扰流板离开车身表面安装。

两厢车的顶盖后缘常安装一个像鸭尾那样的扰流板，使顶盖上一部分气流被引导流过后窗表面。这样既可使后窗后部的升力降低，也可引导气流将后窗表面浮尘消除，避免尘污附着而影响汽车后视野。

在许多普通轿车上，也装有扰流板。其实由于这些车的速度都不是很高，因此扰流板难以发挥实际作用，而美化车身外观则成了装扰流板的最大目的。



由于两厢车的尾部容易形成涡流，没有风从风窗玻璃上快速扫过，使后风窗玻璃上的尘土不容易被扫除，容易阻挡后方视野。因此，多数两厢车的后风窗玻璃都要装备刮水器，以随时清除后风窗玻璃上的尘土

119

两厢车为什么都要装后刮水器？

两厢车的车顶气流到后风窗顶端时突然下降，在后风窗处形成负压，从而形成较大的涡流，以致后风窗玻璃更容易蒙上尘土，因此需要更频繁地使用刮水器。

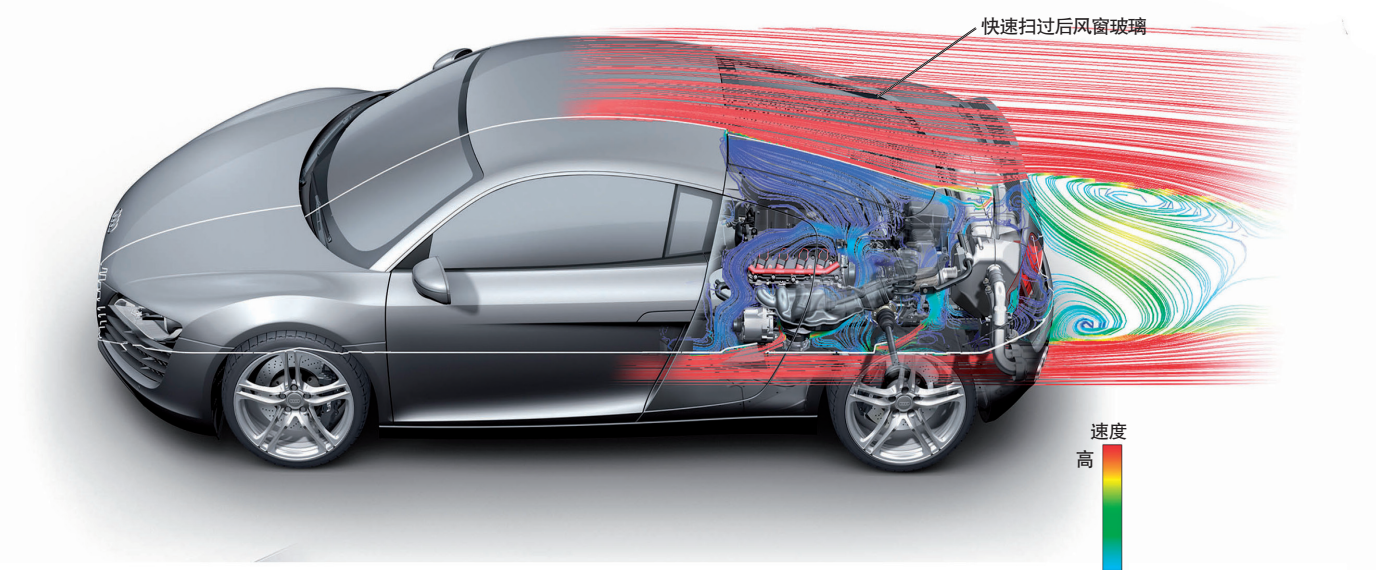
三厢车的车顶气流一直到行李箱盖后端时才会突然下降而形成涡流。但在流过后风窗玻璃时，由于气流所受压强仍然较大，它会快速“扫过”后风窗玻璃，从而使三厢车的后风窗玻璃较两厢车保持更干净状态。

两厢汽车尾部气流示意图

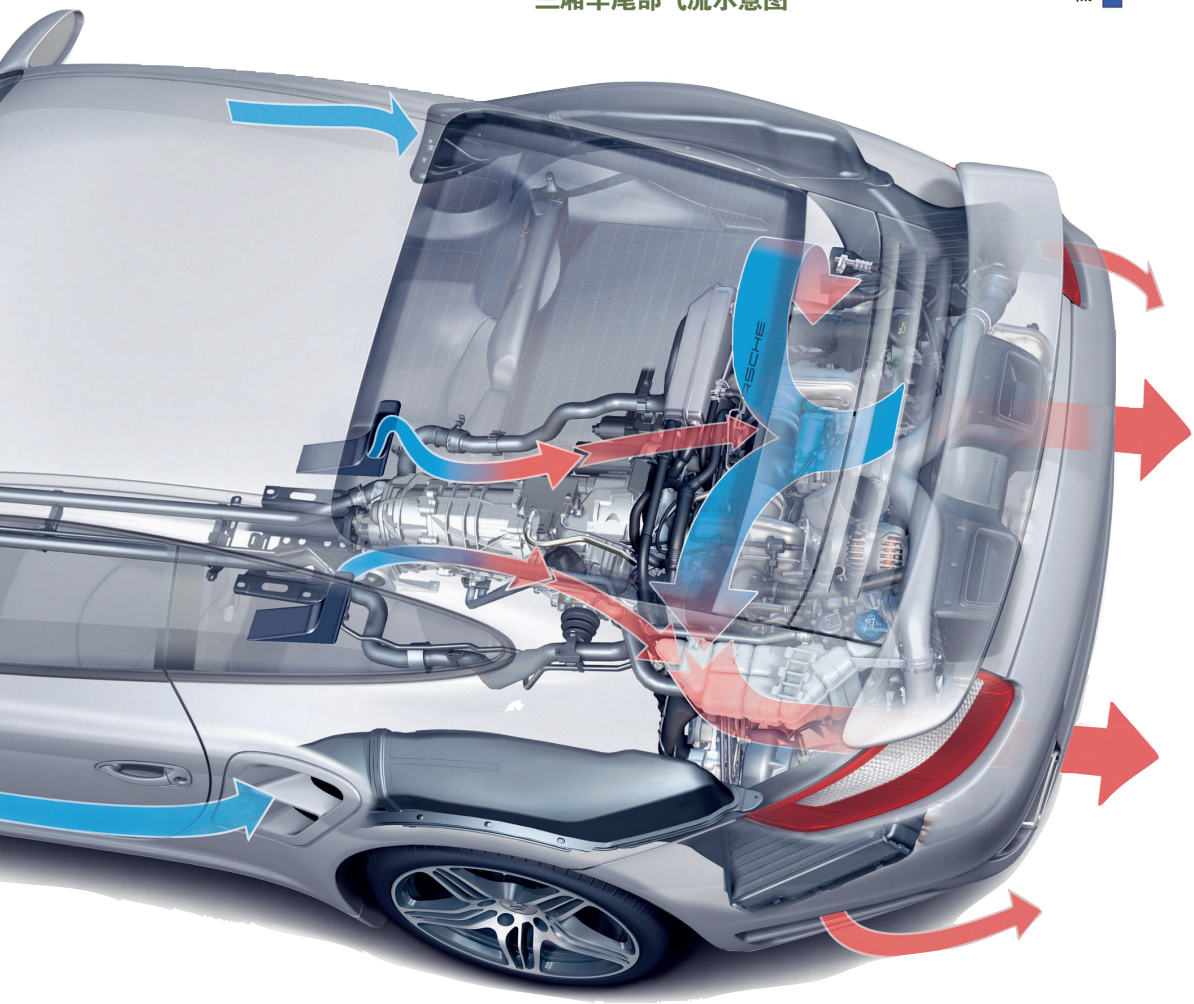
120

空气对汽车必不可少？

虽然空气对汽车产生阻力、消耗能量、影响行驶稳定性，但对汽车来说也是必不可少的。首先发动机燃烧需要空气，其次是发动机、制动等主要部件冷却更需要空气。正是这个原因，汽车的前端都设计有进气孔和进气格栅，而在一些超级跑车的腰部都设计有巨大的进气孔，为发动机、制动系统等提供冷却空气。



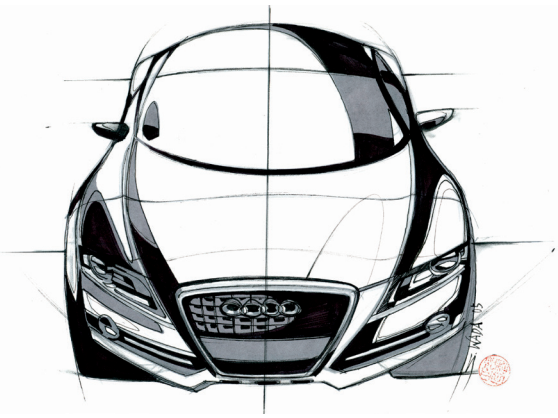
三厢车尾部气流示意图



空气对后置后驱汽车的冷却作用示意图

第十章 Design & Manufacture
设计与制造

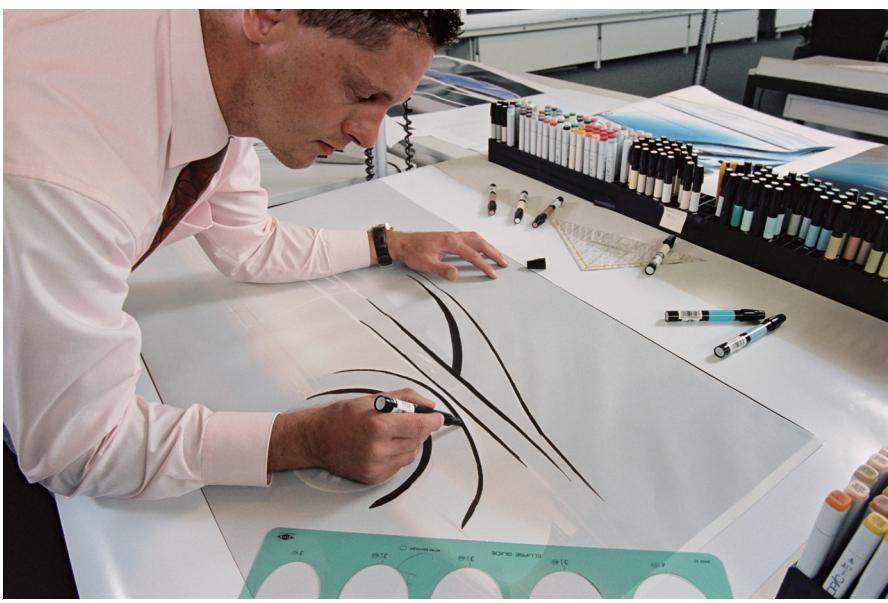
汽车性能特点为什么千差万别?
因为设计理念不一样。
汽车品质为什么会参差不齐?
因为它们分别是不同厂家制造的。
汽车价格为什么相差悬殊?
因为它们的设计理念和制造厂家不同。



121

为何先从草图开始?

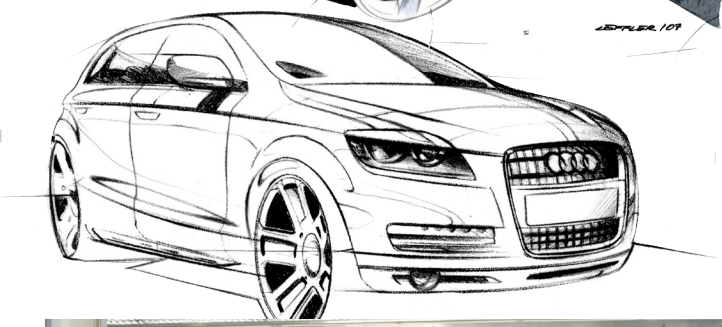
汽车设计都是先从纸上谈兵开始的。画草图是第一步，当然在此之前应该有市场调查等一系列准备工作。设计师要先将自己头脑中的想法或灵感，用草图的形式向主管和同事们展现出来。草图只是汽车外形的大致轮廓，表达的是一种理念，没有必要太精致，只要看出基本风格即可，因此在草图上可以看到许多线条。如有必要，还要将草图放大到与真车一样大小来观看。



122

效果图是什么样?

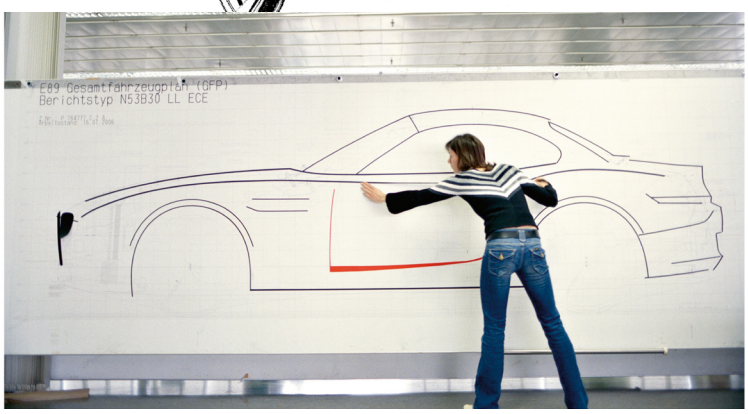
在选定若干草图的基础上，就可以着手描绘效果图，它比草图更细致，不仅局部细节更逼真，而且立体感更强。为了让人们看清各部位的细节，效果图一般都是彩色图，线条已不多见，并有不同角度的视图。有些效果图是手绘的，马克笔、色粉或者喷枪都会采用，也有设计师利用电脑绘画。



123

胶带效果图有什么用?

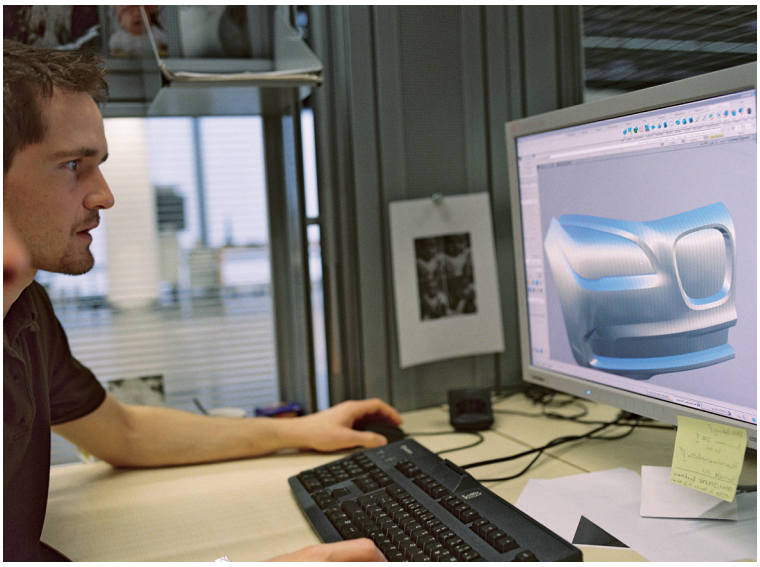
用胶带粘贴的办法，将设计草图按1:1的效果展现出来，包括外观和内饰，这样可以让人们更直观地感受设计者的创意和构思。



124

为什么要采用计算机辅助造型(CAS)?

计算机辅助造型(Computer Aided Styling)简称为CAS，它是利用电脑技术体现设计师的设计效果，在电脑上可以显示三维立体的设计图，并可以很轻松地进行修改。它实际上是替代了原来必须制作1:5或1:2粘土模型的设计程序，根据CAS的定稿就可以直接进入到制作1:1粘土模型的程序。



125

为什么要做 1:5 油泥模型?

效果图确定后，设计师便开始制作 1:5 的油泥模型。虽然电脑技术在汽车设计上应用较广，但由于油泥模型非常直观，因此它依然是汽车设计生产中的必要环节。所谓的油泥是一种类似橡皮泥的粘土，但是更加坚硬，成型后的细节需要用刀刮削才能完成。为了便于修改，一般都是先做较小点的 1:5 油泥模型。

126

1:1 油泥模型怎样做?

经过对 1:5 模型的评估，决策层会选择一个设计方案来制作与真车一样大小的 1:1 油泥模型。1:1 油泥模型对尺寸、细节等方面的要求更严谨，一般这种全尺寸模型会有专业的模型师来制作。具体的制作步骤为：

1）制作车身骨架。

2）在骨架上覆盖木板。

3）在木板上添加覆盖物。覆盖物一般为高密度苯板或聚氨酯硬质泡沫板材，然后修整形状，使之基本与所要完成形态一致。

4）在覆盖物上添加油泥。1:1 油泥模型表面一般覆盖 40~60 毫米厚油泥。

5）精细修整及表面平整处理。

制作车身骨架（一般为金属材料），并在骨架上覆盖木板

在木板上添加覆盖物，并在上面涂上油泥

对表面进行精工细雕，不断修饰

127

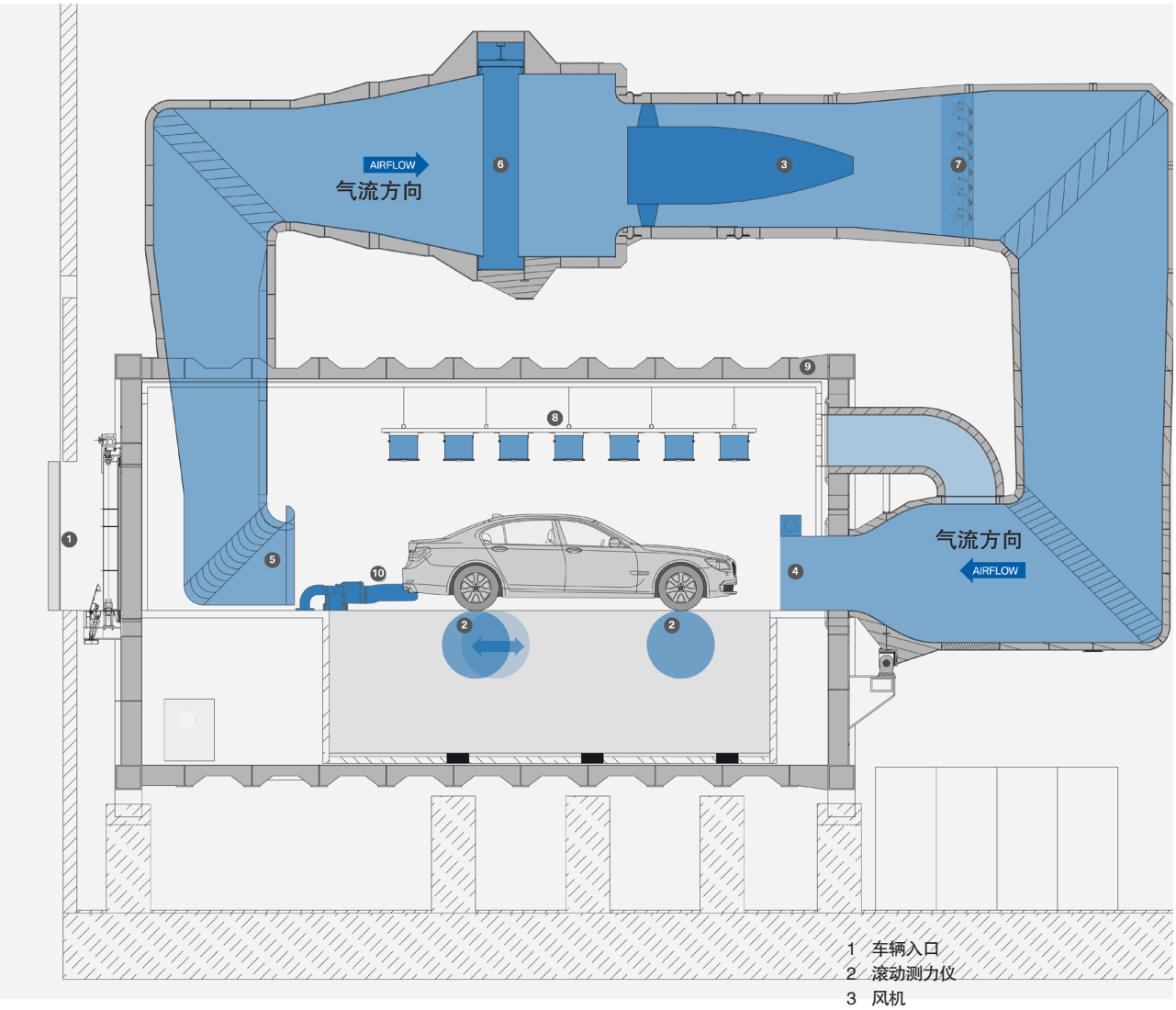
怎样进行风洞测试？

风洞实验室并不真的是个“洞”，而是一条大型隧道或管道。风洞里面有一个巨型风扇，能产生一股强劲气流。气流经过一些风格栅，减少涡流产生后才进入试验室。

风洞的最大作用是用来测量汽车的风阻，风阻的大小用风阻系数 Cd 表示，风阻系数越小，说明它受空气阻力影响越小。

除了用来测量风阻外，风洞实验室还可以用来研究气流绕过车身时所产生的效应，如升力、下压力，并可以模拟不同的气候环境，如炎热、寒冷、下雨或下雪等情况。这样，工程师们便可以知道汽车在不同环境下的工作情况，特别是散热器散热、制动器散热等问题。

观察车模底部气流通过情况



宝马风洞实验室布局示意图

1 车辆入口
2 滚动测力仪
3 风机
4 出风口
5 收风口
6 热交换器
7 湿度管理
8 太阳模拟
9 压力单元
10 尾气排放系统

128 怎样计算风阻系数?

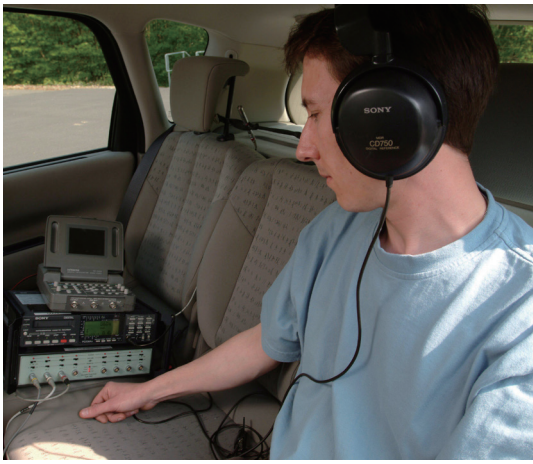
一般来讲，当一辆汽车在正常行驶中，它所受到的主要力量大致来自三个方面，一是它本身由发动机输出的前进力量，二是来自地面的摩擦力，三就是风阻。风阻可以通过汽车本身的风阻系数计算出来。

风阻系数是根据风洞测试结果计算出来的。当车辆在风洞中测试时，借由风速来模拟汽车行驶时的车速，再以测试仪器来测知这辆车需花多少力量来抵挡这风速的风阻，使这车不至于被风吹得后退。在测得所需之力后，再扣除车轮与地面的摩擦力，剩下的就是风阻了，然后再以空气动力学的公式就可算出所谓的风阻系数。

$$\text{风阻系数}=\frac{\text{空气阻力}\times 2}{\text{空气密度}\times\text{正面面积}\times\text{车速平方}}$$

一般来讲，我们在马路上看到的大多数轿车的风阻系数在0.30左右,流线性较好的汽车如跑车等,其风阻系数可以达到0.28以下,特别是一些赛车可以达到0.15左右。

安全碰撞测试



车内噪声测试

空气阻力测试

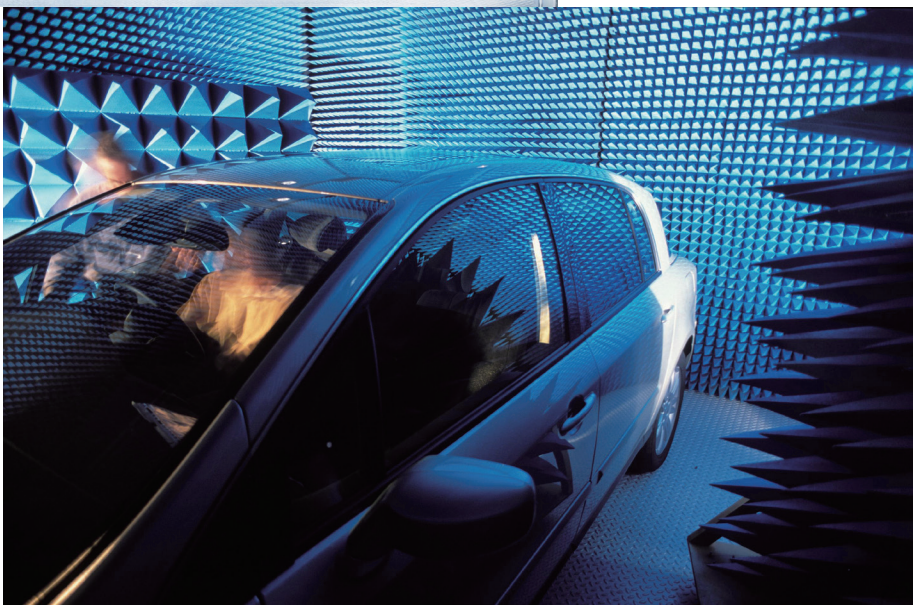
129 样车都做哪些试验？

在投产前，汽车样车要进行一系列的试验，其中室内试验包括：风洞测试、噪声测试、碰撞测试、抗电磁干扰测试、等速油耗测试等。室外试验项目主要有耐久性测试、加速性测试、制动测试、高速行驶稳定性测试、超高温和超低温测试、可靠性（异响、磨损、变形、裂纹）测试等。

高速行驶稳定性测试

超低温测试

抗电磁干扰测试



130

汽车制造流程是怎样的?

汽车制造流程中主要有四大工艺，即车身冲压、车身焊装、车身涂装、整车总装。

这四大工艺流程一般都是在整车厂内完成，但发动机、变速器、车桥、车身附件、内饰件等部件，一般都是由配套厂商完成制造，然后运输到整车总装车间与车身一起组装成整车。

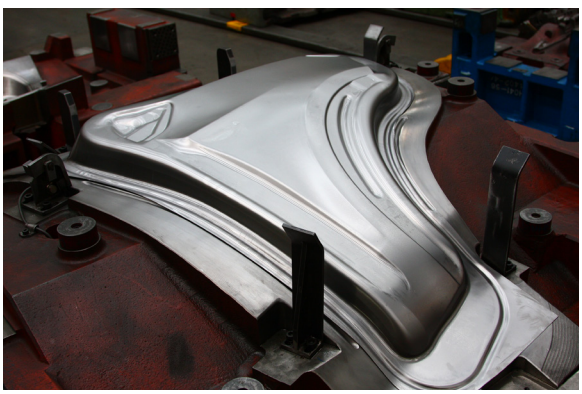
STEP 1

制造流程 1：车身冲压

世界上的汽车制造厂有大有小，实力较强的汽车厂可以生产大部分的汽车部件，只采购极少数汽车零件。实力稍弱的汽车厂，则可能采购更多的汽车部件，甚至包括发动机、变速器等重要总成部件。但是，再小的汽车厂，也应拥有汽车组装的四大工艺生产线。

车身冲压是车身制造的第一道工序，在这个工序中，利用大吨位的冲压机将钢板冲压成各种形状的车身钣金件。车身金属件几乎百分百为冲压件，包括车门、发动机盖、行李箱盖、车顶、底板、车身框架等，都是冲压而成。

要先把圈筒的钢材裁成平板

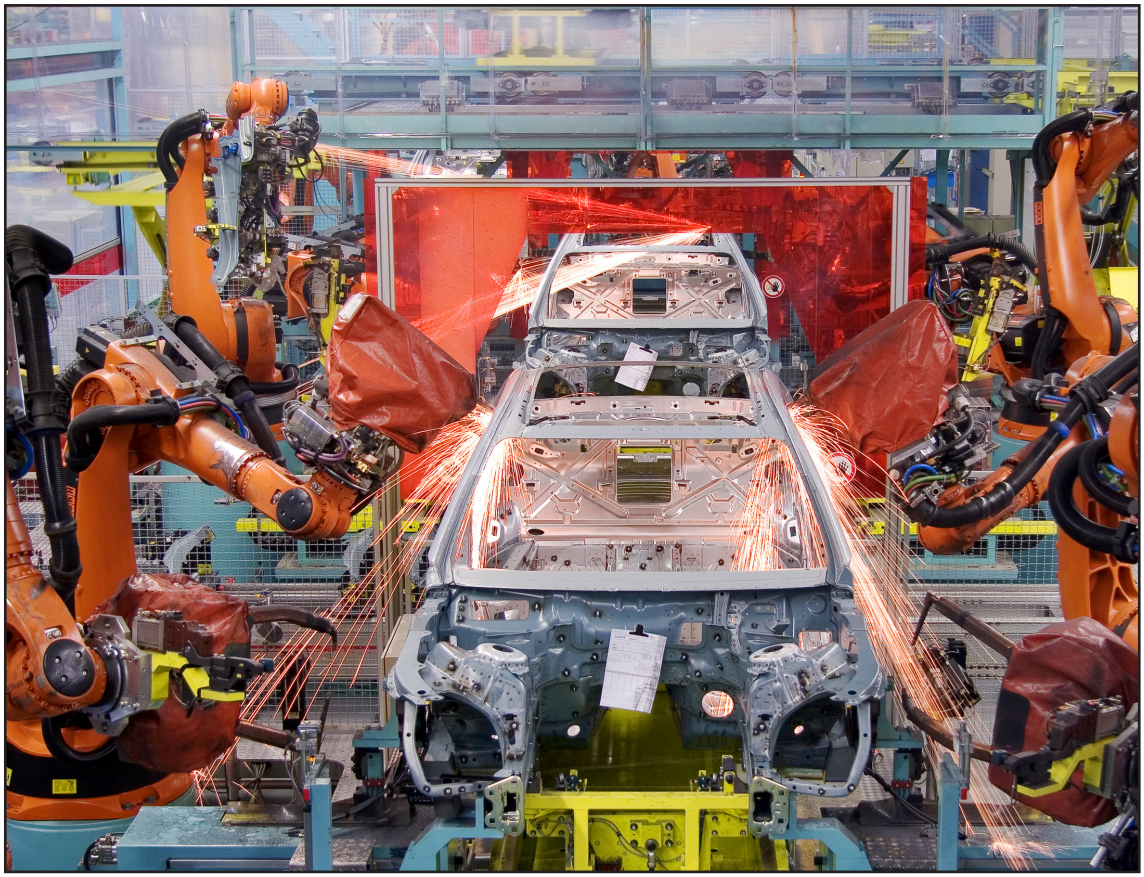


这就是传说中的模具，制作费用非常高，在汽车制造成本中占很大比例

STEP 2

制造流程 2：车身焊装

车身焊装工序是指将冲压成形的车身板件焊接在一起，组成一个整体的车身。因为你无论如何不可能直接冲压成一个完整的车身，只能分块冲压，然后再将它们焊接在一起，像车门等部位，都是由两三层钢板焊接而成。



你知道吗？
Do You Know

激光焊接更像是拉链

如果把车身焊接中最常见的点焊工艺形容为像扣扣子那样将两块甚至多块钢板焊接在一起，那么，激光焊接则像是用拉链将两块钢板整合在一起。普通的点焊是用大电流小电压将两块钢板于焊接处通电，使钢板与钢板之间烧结而焊固。激光焊接则是将高强度的激光束辐射至钢板表面，通过激光与钢板的相互作用，钢板吸收激光转化为热能使钢板熔化后冷却结晶形成焊接。激光焊接可以使焊缝更加精确和精密，可以使焊接点连接达到分子层面的接合，从而也使整车身的组装更加精准密实，并能强化车身，提高车身碰撞时的安全性。

STEP 3

制造流程 3：车身涂装

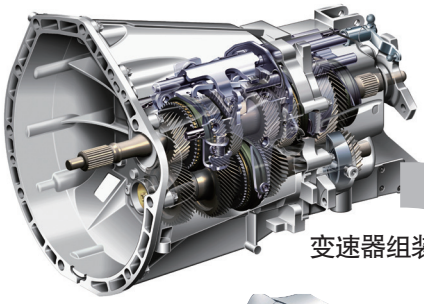
车身涂装工艺并不只是将汽车喷涂成各种颜色那么简单，现在普通轿车的涂装工序可以达到 12 道程序，主要包括车身预处理、电泳除锈、PVC 密封、底漆喷涂、面漆喷涂、清漆喷涂等工艺。

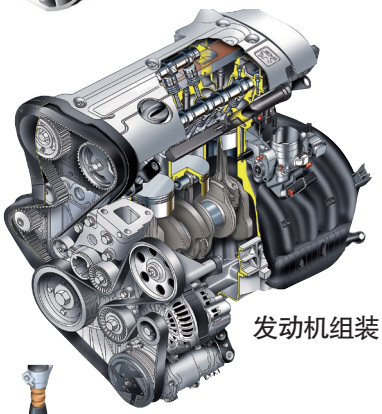
车身涂装工艺的第一步是对白车身进行电泳处理，清除车身上锈质和污渍等

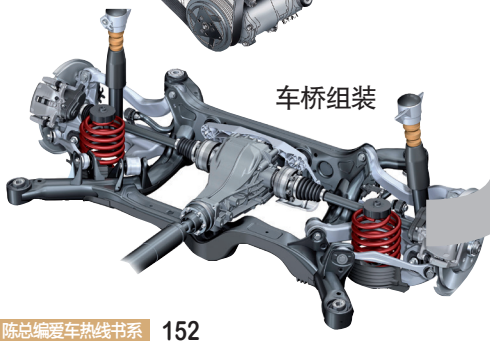
你知道吗？Do You Know

空腔注蜡

在车身涂装工序结束时，在车身底部空腔中注入一定量的液态蜡，从而在车身空腔表面形成均匀的保护膜，防止水分进入车身内腔造成腐蚀。此技术可以保证车身长久不被腐蚀，增加车辆长期行驶后的安全性和保值率。


变速器组装


发动机组装


车桥组装

STEP 4

制造流程 4：底盘组装

在进入整车总装线前，须把发动机、变速器、前车桥和后车桥，还有制动系统、转向系统等组装在一起，以底盘的形式再和车身进行结合。

STEP 5

制造流程 5：底盘与车身结合

车身和预组装好的底盘从不同的线路进入整车总装线，一般是车身从上面过来，而底盘则从地面过来，两者在汇合处进行结合。

STEP 6

制造流程 6：内饰件装配

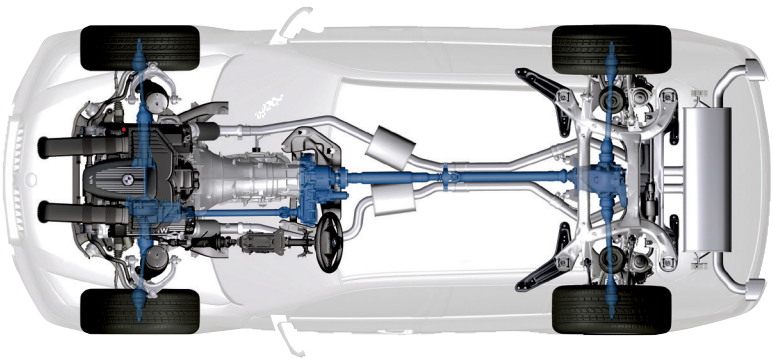
汽车的内饰件装配基本都是靠工人手工操作，这也是总装线上较为复杂和耗时间的工序，同时也是体现装配工艺水平的地方。

STEP 7

制造流程 7：检验和测试

每辆下线的新车在开出生产车间之前要检验灯光、制动等，就像去车管所检测场验车的程序一样，对汽车的性能进行静态检验。之后，还要开到试车场通过实际驾驶对新车进行整车性能检验。

经过以上的流程后，一辆汽车就被制造出来了。



后 记

本书可谓是国内第一本用如此精美的图片为汽车爱好者展现汽车复杂的构造与原理的图书。

编辑此书颇费工夫和精力，尤其是在内容取舍上很是为难。既怕内容太浅，不能满足读者需求；又担心内容太深，成了枯燥的技术书。加上篇幅所限，许多内容只能忍痛割爱，但留下的应该是最精华的部分。

其实在这套“陈总编爱车热线书系”中，我最喜欢的就是本书，这也是我多年的想法，用精美的透视图、剖视图、构造图、示意图等，向车友朋友展现汽车神奇的构造与科学原理。毕竟汽车是个看得见、摸得着，甚至拆得开的机器，仅用文字和语言很难解释它，而图片则是解释汽车的最好方式之一。

希望您看完本书后，能进一步丰富自己的汽车知识，成为高水平的汽车爱好者、真正的懂车者，并对您购车、开车、养车有所帮助。

作者简介

陈新亚，《汽车知识》杂志总编辑，长期从事汽车杂志编辑工作，汽车理论知识和实际经验丰富，擅长从专业的角度解答车友们遇到的实际问题，为车友们排忧解难。曾编著汽车类图书：

《车迷辞典》　《驾驶员指南》
《汽车为什么会“跑”：图解汽车构造与原理》
《如此购车最聪明：好车子的100个标准》
《如此开车最聪明：好车手的100个标准》
《如此用车最聪明：好车主的100个标准》
《车友有问我来答：汽车的1000个为什么》
《精明车主节油省钱315》
《名车标志和识别》
《汽车不神秘：汽车构造透视图典》
《大画汽车：图解汽车奥秘》
《画解宝马：揭秘宝马汽车独门绝技》
《画解奥迪：揭秘奥迪汽车独门绝技》
《金牌车主手册》
《豪车揭秘：图解十款超级豪车打造工艺》
《魅力汽车：拆开汽车看奥妙》
《汽车为什么会“跑”（青少年版）》
《汽车构造透视图典（发动机与变速器）》
《汽车构造透视图典（车身与底盘）》

陈总编爱车热线书系已出版书目

《汽车为什么会“跑”：图解汽车构造与原理》采用完全图解的形式，以汽车为什么会“跑”为主线，用大量透视图片加简单原理介绍的形式，逐步向读者介绍汽车构造及工作原理等，让读者真正看到汽车内部构造，明白汽车奔跑的原理。此书不可多得而又赏心悦目。

《如此购车最聪明：好车子的100个标准》介绍如何正确评价汽车的性能，在选购汽车时都要考虑哪些因素，怎样才能选购到自己满意的汽车。本书以图文并茂的形式，向读者详细介绍评价汽车性能的100个标准，指导车友们进行理性汽车消费。

《如此开车最聪明：好车手的100个标准》是针对年轻驾车者遇到的常见问题而编写的问答式工具书，同样采用一问一答一图的形式，对开车新手容易出现的100个问题进行图解式说明，帮助新手养成良好的开车习惯，提高驾车技术水平，保证行车安全。

《如此用车最聪明：好车主的100个标准》主要针对广大车主遇到的疑难问题而编写。本书以一问一答一图的形式介绍车主在用车中的116个常见问题，直截了当地告诉读者应如何正确使用和保养汽车。

《车友有问我来答：汽车的1000个为什么》以一问一答的形式，解答汽车爱好者、新车主、购车者在赏车、购车、用车和玩车中的1000个疑问，内容丰富多彩，解答专业权威，图片精美新颖，是《汽车知识》杂志陈总编多年回答车友问题的精选之作。

《精明车主节油省钱315》先从原理上介绍节油省钱方法的科学依据，然后根据影响汽车油耗量大小的三大要素：人、路、车，分别介绍315条被证明行之有效的节油省钱秘笈。文字简练，讲解通俗，并配有大量图片，以快餐式介绍各种节油省钱秘诀。

《汽车不神秘：汽车构造透视图典》精选数百幅色彩缤纷的汽车透视图，可让我们欣赏到现实中无法看到的汽车细节，更可以通过透视图来详细了解汽车的精密构造和工作原理。

《画解宝马：揭秘宝马汽车独门绝技》将宝马汽车的顶尖技术和先进配置等一网打尽，用通俗语言、大量图片，逐项介绍宝马汽车拥有的独特技术和先进配置等。

《画解奥迪：揭秘奥迪汽车独门绝技》将奥迪汽车的顶尖技术和先进配置等一网打尽，用通俗语言、大量图片，逐项介绍奥迪汽车拥有的独特技术和先进配置等。

《金牌车主手册》集成用车、开车和购车三本书的精彩内容，将车主所需知识集中在一本书中，物超所值。

《魅力汽车：拆开汽车看奥妙》将汽车在纸上完全“拆开”，一一分解，配合大量的最新插图，让读者可以看清汽车每个主要部件的构造，明白汽车每个系统的工作原理。

ISBN 978-7-111-36208-1
策划编辑：李 军
封面设计：薛 森
编辑热线：010-88379353
编辑微博：http://weibo.com/junli1128
地址：北京市百万庄大街22号
电话服务
社服务中心：(010)88361066
销售一部：(010)68326294
销售二部：(010)88379649
读者购书热线：(010)88379203
邮政编码：100037
网络服务
门户网：http://www.cmpbook.com
教材网：http://www.cmpedu.com
封面无防伪标均为盗版
上架指导：汽车生活
ISBN 978-7-111-36208-1
9 787111 362081 >
定价：49.80元